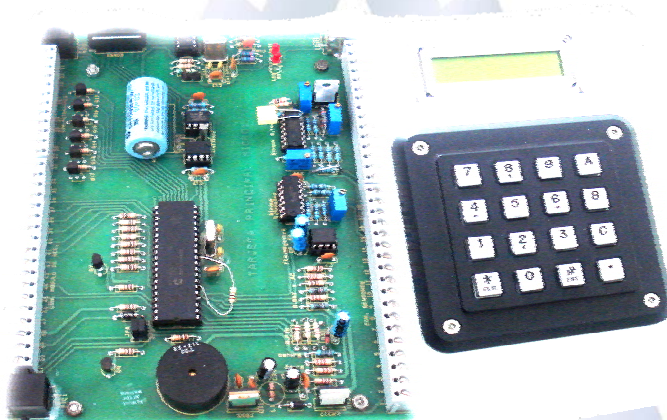


**Universidad de Pinar del Río**  
**“Hermanos Saíz Montes de Oca”**  
**Facultad de Informática y Telecomunicaciones**

**Tesis presentada en opción al Título Académico  
de Master en Sistemas de Telecomunicaciones**

**Título:**

**Desarrollo modular de Sistemas Automatizados  
de Control de Parámetros Tecnológicos con  
Microcontroladores PIC.**



**Autor: Ing. Pablo González González**  
**Tutor: MSc. Rolando Rodríguez Enríquez**

**HERMANOS SAIZ MONTES DE OCA**  
**1972-CUBA**

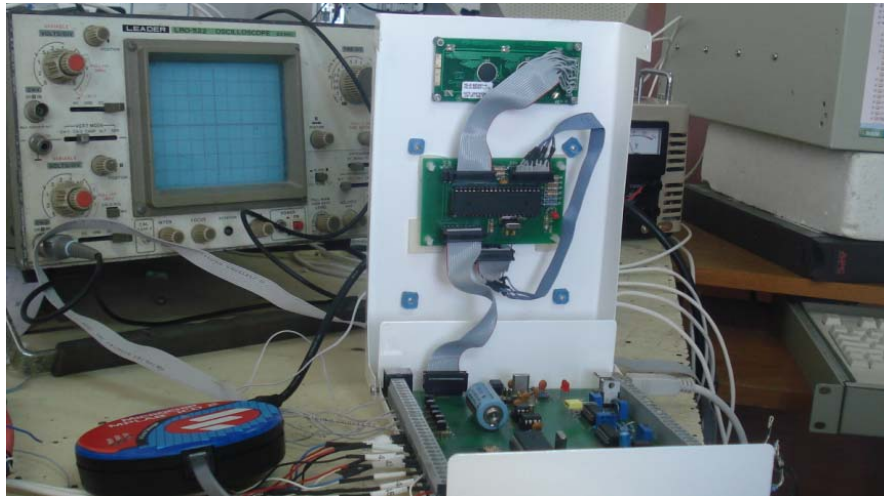
**Año del 50 Aniversario del Triunfo de la Revolución**  
**Pinar del Río, Abril 2009**

**Universidad de Pinar del Río  
“Hermanos Saíz Montes de Oca”  
Facultad de Informática y Telecomunicaciones**

**Tesis presentada en opción al Título Académico de  
Master en Sistemas de Telecomunicaciones**

**Título:**

**Desarrollo modular de Sistemas Automatizados de  
Control de Parámetros Tecnológicos con  
Microcontroladores PIC.**



**Autor:** Ing. Pablo González González

**Tutor:** MSc. Rolando Rodríguez Enríquez

2009

“Año 50 del Triunfo de la Revolución Cubana”

*"Nunca consideres al estudio como una obligación, sino como una  
oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del  
saber"*

*Albert Einstein*

*"No existe nada, ni nadie que pueda poner barreras al talento"*

*Isaac Newton*

*"Ser culto es el único modo de ser libre"*

*José Martí*

*"Revolución es... modestia, desinterés, altruismo, solidaridad y  
heroísmo; es luchar con audacia, inteligencia y realismo; es no mentir  
jamás, ni violar principios éticos; es convicción profunda de que no  
existe fuerza en el mundo capaz de aplastar a la fuerza de las  
ideas...."*

*Fidel Castro Ruz*

## **AGRADECIMIENTOS**

Es necesario dejar constancia, como un humilde homenaje de reconocimiento, por la colaboración brindada para la realización de este trabajo a:

Todas las personas de buena voluntad que tuvieron confianza en que Si se puede afrontar y vencer grandes retos técnicos con éxito. A estos compañeros y amigos que se manifestaron de muchas maneras, y que nos alentaron y estimularon con sus palabras y sus acciones, a seguir adelante a pesar de las muchas dificultades objetivas y subjetivas que la vida nos impone, y siempre luchar para alcanzar el triunfo y lograr conjugar ideas, elaborar criterios, perfeccionar conocimientos y procurar que todo cuanto se ha logrado con esfuerzo y consagración, contribuya modestamente a cumplir el objetivo por el que se ha trabajado denodadamente, que no es mas, que contribuir a la felicidad y el mejoramiento humano, puesto que todo la gloria del mundo, ya lo dijo el Apóstol, cabe en un pequeño grano de maíz.

A nuestros familiares y amigos, que se esmeraron en ayudarnos y contagiarnos con su energía positiva y con el entusiasmo necesario para cumplir esta meta y arribar a ella con la satisfacción del deber cumplido en la culminación de la labor. A los que nos animaron en los momentos de debilidad y flaqueza por los que todos los seres humanos transitamos en el camino de la vida; a los que nos aconsejaron, y nos brindaron su solidaridad sin la cual no hubiera sido posible comenzar y concluir. Muy especialmente a mi familia que conoce cuanto sacrificio y rigor cuesta alcanzar elevados niveles de profesionalidad y de competitividad en el campo científico.

A mi Tutor Rolando Rodríguez, que acepto intercambiar ideas y aconsejarme de manera capaz y excepcionalmente profesional, así como a los profesores de la UPR: Manuel, Falcón, Fidel, Juan Raúl, Marisela, Alexei y otros, que nos impartieron las disciplinas y nos dieron el regalo precioso de su tiempo y el abnegado legado de sus conocimientos y su labor. A mis alumnos de la UPR que me han hecho crecer como ser humano.

## **DEDICATORIA**

A:

Mi familia, que siempre ha estado junto a mí, con plena confianza en mí, y además porque cada éxito obtenido lo sienten como suyos, y en primer lugar a mi madre, pues sin su amorosa, inagotable, abnegada, desinteresada, paciente e ilimitada participación, no hubiere sido posible llevar a feliz término este reto técnico.

A:

La Revolución Cubana, por conquistar la libertad y la dignidad plena de todos los cubanos, por darnos la oportunidad de estudiar y formarnos integralmente, en una cultura de elevados valores humanos y éticos.

A mis compañeros de la UCT LACETEL, en especial a:

Alexis Martín, Pedro Sosa, Jorge Cabezas, Jorge Machado, José Cejas y Eduardo Cala, cuya colaboración fue decisiva para lograr de manera práctica la conclusión de este Proyecto.

Pablo González González

## **OPINIÓN DEL TUTOR**

El ingeniero **Pablo González González**, Investigador Auxiliar de la UCT LACETEL, ha concluido con resultados satisfactorios el Trabajo de Tesis por el grado científico de MSc en Sistemas de Telecomunicaciones, en el cual ha puesto de manifiesto: conocimientos técnicos, laboriosidad, consagración, experiencia y habilidad para la investigación científico técnica. El desarrollo de este trabajo se caracteriza por:

Un elevado rigor científico de las soluciones técnicas de hardware y software obtenidas durante el desarrollo de la aplicación, la asimilación y el uso de las modernas metodologías para la investigación en este campo, así como la óptima aplicación de las herramientas para el diseño con microcontroladores PIC y para la elaboración de software de monitoreo y control residentes en la PC.

La capacidad de integrar conocimientos en múltiples áreas, como son: el diseño de complejos sistemas automatizados de adquisición procesamiento y control de parámetros tecnológicos, el desarrollo de aplicaciones con microcontroladores PIC, la construcción e instalación de los equipos electrónicos, partes y piezas del sistema, el desarrollo personalizado de protocolos de comunicación entre la interfaz electrónica y la PC, y la aplicación de la informática aplicada al desarrollo de programas en lenguaje de alto nivel residentes en la PC.

La iniciativa y creatividad en la construcción y la obtención del prototipo, alcanzando resultados satisfactorios en la evaluación del prototipo a nivel de laboratorio y durante las pruebas de campo realizadas en las condiciones de explotación.

En el desarrollo de esta investigación se cumplen de manera excelente todos los objetivos propuestos, el maestrante demostró independencia, y capacidad para realizar aportes técnicos innovadores en la rama. Por las razones antes expuestas, considero que el Maestrante es merecedor de la calificación de \_\_\_\_\_ puntos.

Dado en la ciudad de Pinar del Río, a los \_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ de 2009.

---

Firma del Tutor

## **NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

\_\_\_\_\_  
Presidente del Tribunal

\_\_\_\_\_  
Secretario

\_\_\_\_\_  
Vocal

Ciudad de Pinar del Río

Fecha \_\_\_\_\_

Cuño

## **INDICE**

<b>No.</b>	<b>INDICE</b>	<b>Páginas</b>
	<b><u>RESUMEN</u></b>	<b>3</b>
	<b><u>INTRODUCCIÓN</u></b>	<b>5</b>
	Antecedentes y estado actual de la temática	8
	Fundamentación del proyecto	10
	El Problema.	11
	El Objetivo General y los Objetivos específicos	11
	La Hipótesis	13
	Metodologías, Herramientas de diseño y recursos a emplear durante la investigación.	14
	Impactos esperados: económicos, sociales, tecnológicos y ambientales.	18
	<b><u>CAPITULO I:</u></b>	<b>20</b>
	<b><u>Diseño de Sistema Automatizado de Procesamiento y Control de Parámetros Tecnológicos (SAPC).</u></b>	
1.1.0.0	<b>Requerimientos Técnicos para el diseño del SAPC.</b>	<b>21</b>
1.2.0.0	<b>Funcionamiento en Bloques del SAPC.</b>	<b>24</b>
1.3.0.0	<b>Diseño de las soluciones de Hardware del SAPC.</b>	<b>34</b>
1.3.1.0	<u>Diseño de la interfaz electrónica del SAPC. Principales componentes electrónicos empleados.</u>	<b>36</b>
1.3.2.0	<u>Diseño circuital y funcionamiento de la comunicación con la PC por puerto USB del SAPC</u>	<b>44</b>
1.3.3.0	<u>Diseño Modular de soluciones circuitales para la conexión de sensores al SAPC.</u>	<b>48</b>
1.3.3.1	Sensor Magnético	<b>48</b>
1.3.3.2	Sensor detector de humo	<b>50</b>
1.3.3.3	Sensor de cambio de movimiento o PIR	<b>52</b>
1.3.3.4	Módulo de acceso, cierre electrónico y sensor tamper	<b>53</b>
1.3.4.0	<u>Diseño Modular de soluciones circuitales para la conexión de Medidores al SAPC.</u>	<b>55</b>
1.3.4.1	Medidor de Temperatura y humedad relativa	<b>56</b>
1.3.4.2	Medidor del Voltaje de ac de las líneas de 110 v y 220 v	<b>59</b>
1.3.4.3	Medidor del estado de carga de la batería de espaldo energético (Voltaje de directa de la batería recargable).	<b>61</b>
1.3.5.0	<u>Diseño de soluciones circuitales para el control de los parámetros tecnológicos conectados al SAPC</u>	<b>61</b>
1.3.5.1	Equipos de control de parámetros ambientales	<b>63</b>
1.3.5.2	Equipos Tecnológicos	<b>63</b>
1.3.5.3	Sirena contra intrusos	<b>63</b>
1.3.6.0	Soluciones técnicas para el respaldo energético del SAPC. Autonomía de operación del SAPC y de la PC	<b>63</b>



**Continuación del INDICE**

	<b>Páginas</b>
<b>1.4.0.0 Diseño de las soluciones de Software para el SAPC</b>	<b>64</b>
<b>1.4.1.0 <u>Microprograma de trabajo del Microcontrolador PIC1</u></b>	<b>64</b>
1.4.1.1 Diagrama en Bloques del microprograma PIC1	65
1.4.1.2 Rutinas del microprograma PIC1: Conversión Análogo Digital y atención a Interrupciones.	68
1.4.1.3 Clasificación priorizada de los Eventos. Control de la operación de actuadores	69
1.4.1.4 Atención al Módulo de acceso (Teclado abre puertas)	71
<b>1.4.2.0 <u>Microprograma de trabajo del Microcontrolador PIC2</u></b>	<b>71</b>
1.4.2.1 Diagrama en Bloques del microprograma PIC2	72
1.4.2.2 Rutinas del microprograma PIC2: Atención al teclado, al indicador alfanumérico LCD, al Reloj de tiempo real y a las Interrupciones.	75
1.4.2.3 Protocolo de Comunicación: Transmisión de datos a la PC desde la interfaz electrónica del SAPC	75
1.4.2.4 Protocolo de Comunicación: Recepción de datos en la interfaz electrónica enviados desde la PC	77
<b>1.4.3.0 <u>Programa SAETA residente en la PC para el monitoreo del SAPC</u></b>	<b>80</b>
1.4.3.1 Descripción del Programa SAETA. Funcionamiento	80
1.4.3.2 Diagrama en Bloques del Programa SAETA	86
1.4.3.3 Diagrama en Bloques y Funcionamiento de la Rutinas de Interrupción en la PC para la Comunicación con SAPC	88
1.4.3.4 Programación de la aplicación SAETA	88
<b><u>CAPITULO II: Construcción y Evaluación del SAPC</u></b>	<b>92</b>
<b>2.0.0.0 Diseño de los circuitos impresos de la interfaz electrónica, los medidores y las partes del SAPC.</b>	<b>92</b>
2.1.0.0 Construcción de la Interfaz Electrónica del SAPC	98
2.2.0.0 Construcción de las partes del SAPC. Conexiones	100
2.3.0.0 Resultados de la verificación y la validación del SAPC	102
<b><u>CAPITULO III:</u></b>	<b>105</b>
<b><u>Valoración Técnico-Económica del SAPC</u></b>	
3.0.0.0 Consideraciones tecnológicas para la aplicación práctica	106
3.1.0.0 Gastos de la investigación.	106
3.2.0.0 Gastos de fabricación del prototipo del SAPC	108
<b><u>CONCLUSIONES.</u></b>	<b>110</b>
<b><u>RECOMENDACIONES.</u></b>	<b>111</b>
<b><u>BIBLIOGRAFÍA.</u></b>	<b>112</b>
<b><u>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.</u></b>	<b>113</b>
<b><u>ANEXOS</u></b>	<b>114</b>

## **RESUMEN**

En el presente Trabajo de Diploma se diseña y construye a escala de prototipo un sistema automatizado para el control de parámetros tecnológicos (SAPC) con comunicación por puerto USB con una PC, empleando como soporte tecnológico el desarrollo de una aplicación con dos microcontroladores PIC18F452 conectados a través del bus I2C. El SAPC esta formado por una interfaz electrónica para la adquisición y el procesamiento de datos, la toma de decisión sobre la operación de los equipos actuadores con el fin de controlar parámetros tecnológicos, ambientales, energéticos y para la protección física y el acceso al área de trabajo del equipamiento tecnológico instalado. El sistema incluye: sensores magnéticos, detectores de incendio, detectores de cambio de movimiento, módulos de acceso para la apertura de las puertas, medidores de temperatura y de humedad relativa, medidores de la tensión de alimentación de las líneas de corriente alterna de alimentación, el respaldo energético con baterías y el control del estado de carga, Además permite gobernar desde una pizarra de distribución general de la energía, la operación de equipos de control ambiental, de equipos tecnológicos de elevado valor por sus prestaciones técnicas y precios, así como realizar labores de protección física y aseguramiento de las condiciones de trabajo durante la explotación del equipamiento que se resguarda. Otros periféricos y accesorios del sistema son: la sirena contra intrusos, señalizadores luminosos y zumbadores piezoeléctricos. La interfaz electrónica del sistema cuenta con un indicador alfanumérico tipo LCD y un teclado para realizar la lectura y la programación del sistema, además posee la facilidad de comunicarse en tiempo real con una PC para reportar el estado del sistema cada un intervalo de tiempo programable o de forma inmediata cuando ocurren eventos significativos. El protocolo de comunicación entre la PC y la interfaz PIC permite la transmisión y la recepción de paquetes de datos en ambas direcciones a través del puerto USB y consta además del Programa SAETA residente en la PC para el monitoreo del SAPC. Se evalúa en la práctica las soluciones de hardware y de software con resultados satisfactorios en las pruebas de campo.

## **SUMMARY**

Presently Thesis is designed and it builds to prototype scale an automated system for the control of technological parameters (SAPC) with communication for port USB with a PC, using like technological support the development of an application with two microcontrollers connected PIC18F452 through the bus I2C. The SAPC this formed by an electronic interface for the adquisición and the processing of data, the taking of decision on the operation of the system with the purpose of controlling technological, environmental, energy parameters and for the physical protection and the access to the area of work of the installed technological equipment The system includes: magnetic sensors, detecting of fire, detecting of movement change, access modules for the opening of the doors, meters of temperature and of relative humidity, meters of the tension of 110v and 220v ac line of feeding, the energy support with batteries and the control of the load state. It also allows to govern from a panel of general distribution of the energy, the operation of equipments of environmental control, and the work of technological equipments of high value because their technical benefits and prices, as well as to carry out works of physical protection and insurance of the work conditions during the operation of the equipment that is preserved. Other peripherals and accessories of the system are: the siren anti-intruder, signaling light and buzzer The electronic interface of the system has an indicative alphanumeric type LCD and a keyboard to carry out the reading and the programming of the system, it also gives the communication in real time with a PC in order to report the state of the system each an interval of programmable time or in an immediate way when happen significant events The communication protocol between the PC and the PIC interface allows the transmission and the reception of packages of data through the port USB and it consists besides the Program SAETA residing in the PC for the monitory of the SAPC. The prototype is evaluated in the practice with satisfactory results in the field tests.

## **INTRODUCCIÓN**

El campo de las investigaciones en las ramas de la electrónica, la automática y las telecomunicaciones, ha experimentado impetuosos avances en las últimas décadas, ejemplo de ello son los logros alcanzados en: las nuevas generaciones de redes de PC, la telefonía móvil, las comunicaciones satelitales, el desarrollo acelerado de INTERNET y de sus servicios, las comunicaciones ópticas, el desarrollo de la microelectrónica y de los sistemas automatizados para el control de parámetros tecnológicos, entre otros resultados que se han aplicado de inmediato y de forma sostenible en la producción, los servicios, la educación, la salud, la defensa, etc. Las tecnologías de punta se ha expandido y se manifiestan con un crecimiento muy acelerado; prácticamente, lo que hoy existe en el mercado en cuanto a productos y tecnologías está en constante renovación y es objeto ya de investigación para obtener mejoras de calidad que los sustituyan por otros más competitivos y ventajosos, por lo que la mayoría de los actuales productos y tecnologías tienen un tiempo de vida de alrededor de 3 a 5 años, un ejemplo clásico de ello es la evolución de las PC y sus periféricos. Estas reflexiones, nos llevan a la idea de que las investigaciones en este campo están muy priorizadas en los países desarrollados y en vías de desarrollo, y por tanto se dedican a esta actividad, talentosos recursos humanos, grandes capitales financiero, medios logísticos para el soporte tecnológico y programas de capacitación de elevada profesionalidad, todo este conjunto de esfuerzos, tiene el objetivo de alcanzar resultados científicos técnicos aplicables, con vistas a alcanzar la introducción oportuna y sostenible de las innovaciones tecnológicas que permiten el perfeccionamiento de la eficiencia y la eficacia de la industria y los servicios, en aras de obtener productos con una excelente calidad competitiva y con características técnicas distintivas, que permitan mantener su presencia en el mercado internacional en un privilegiado lugar o en el liderazgo de estas tecnologías a nivel global.

En nuestro país, recientemente el MIC ha convocado a los Centros de Investigación, Centros de Estudios, Universidades, Empresas y otras entidades afines, a la presentación de Proyectos de Investigación Desarrollo e Innovación Tecnológica en los Programas Ramales de Ciencia y Técnica, en los campos de la Electrónica, la

Automática, las Comunicaciones, entre otras ramas. Estos proyectos de investigación obedecen a objetivos priorizados del país y cumplen con la política científica y tecnológica del sector, con el objetivo de alcanzar la soberanía tecnológica en las áreas estratégicas del país, fomentando el desarrollo nacional, el aporte científico, la apropiación de conocimientos, el saber hacer, con el consiguiente impacto político, económico, social y/o medioambiental, así contribuir a fortalecer la seguridad aplicada al sector de las telecomunicaciones, propiciar la integración Ciencia-Universidad-Empresa y el cierre del ciclo I+D+i, generar soluciones para nichos tecnológicos con visión estratégica, que aumenten la capacidad nacional de innovación y diversificación de sus ofertas tanto para el mercado nacional como internacional y contribuir a mejorar de la eficiencia y eficacia de la economía, el desarrollo de la cultura y la calidad de vida de los ciudadanos.

En respuesta a la solicitud presentada a la UCT LACETEL por clientes priorizados, se ha aprobado por su Consejo Científico Técnico, este Proyecto de Investigación Desarrollo el cual esta inscrito en el marco de un Programa Ramal del MIC. El Proyecto esta dirigido a la obtención de un Sistema automatizado para medir, indicar, procesar y controlar parámetros tecnológicos y ambientales en áreas especiales, para asegurar el correcto funcionamiento del equipamiento instalado en las mismas, y proteger y controlar el acceso de personas a estas zonas y mantener un monitoreo continuo de la operatividad de estos centros.

Un Sistema de Adquisición, Procesamiento y Control (SAPC) de procesos tecnológicos con comunicación inalámbrica entre nodos de la red, incluye:

- Medir en el tiempo de muestreo programado un conjunto de variables tecnológicas en el rango y con la exactitud adecuada, según se halla solicitado y requiera el proceso tecnológico al que se aplica el (SAPC).
- Procesar y almacenar las lecturas de las mediciones en memorias eeprom.
- Indicar las lecturas de las mediciones efectuadas en un indicador alfanumérico del tipo LCD.
- Programar por teclado los valores de control de los parámetros tecnológicos

- Tomar decisiones y ejercer el control del proceso tecnológico mediante la operación automática de equipos tecnológicos y otros equipos actuadores.
- Efectuar la comunicación de la tarjeta electrónica principal del SAPC o interfaz electrónica del sistema y una computadora (PC), mediante el uso del puerto serie o del puerto USB, empleando un protocolo de comunicación estandarizado o propio, de lo cual se encarga de controlar un software de monitoreo y control residente en la PC, quien además de lo anterior, efectúa otras tareas que incluyen: crear y actualizar bases de datos de las mediciones en la PC. procesar, mostrar interactivamente los datos, emitir reportes en copia impresa o virtual de los datos del sistema automatizado. Además desde este software residente en la PC es posible programar los valores de control y monitorear la operación del SAPC. Algunos de los protocolos de comunicación, que se emplean con más frecuencia cuando existe la conexión cableada entre la interfaz electrónica del sistema y la PC, son los estándares: RS232, RS422, RS485, USB 1.0, USB 2.0, bus CAN y Ethernet, entre otros, cada uno de ellos con sus normas de funcionamiento, tipos de conectores y características técnicas. La interfaz de comunicación con la PC se selecciona considerando aspectos técnicos, tales como: la velocidad de la transmisión, la distancia entre la interfaz del sistema y la PC, las condiciones de trabajo del sistema, entre otras.

Como punto de partida para la ejecución del Proyecto de investigación, la entidad introductora del resultado ha presentado una Tarea Técnica a cumplimentar durante el diseño personalizado del sistema, la cual describe los requerimientos técnicos y las especificaciones de calidad solicitadas.

El Proyecto de I+D solicitado a la UCT, incluye: diseñar las soluciones técnicas creadas a nivel de construcción del Prototipo, además de verificar y validar el funcionamiento de esta y la factibilidad técnico económica de las soluciones técnicas generadas mediante pruebas de campo, con el objetivo de preparar las condiciones tecnológicas para su introducción rápida y sostenible en la practica social.

El contenido y alcance del Proyecto de I+D solicitado, son parte del tema de investigación que se realiza en este Trabajo de Tesis y que se presenta para optar por el Título Académico de Master en Sistemas de Telecomunicaciones. Los resultados científico técnicos y las salidas planificadas que se esperan obtener son parte integrante del Proyecto de I+D presentado y aprobado en Programa Ramal, donde se prevén alcanzar resultados científico técnicos novedoso factibles de aplicar en la práctica de forma inmediata, con soluciones de diseño propias que garanticen el trabajo del sistema de forma modular, flexible, fiable y con protocolos de comunicación con la PC que garanticen un sello distintivo para el producto y aseguren la soberanía tecnológica de estos sistemas de adquisición, procesamiento y control de parámetros tecnológicos en tiempo real. Para ello se cuenta con un soporte tecnológico de punta, empleando en el diseño de la aplicación y en la construcción de esta, los microcontroladores PIC18Fxxx, otros circuitos integrados asociados la comunicación por puerto USB, y al trabajo de los sensores, los medidores y los equipos actuadores, lo cual implica que en el desarrollo de esta investigación, se utilicen modernas herramientas de diseño, y se generen soluciones técnicas muy actuales con el empleo de tecnología de punta que garantiza un elevado rigor científico en la obtención de los resultados.

Para la ejecución del Proyecto de I+D, se procede a establecer la Planificación y la Organización de la Investigación según un Cronograma de trabajo con las siguientes etapas: Factibilidad técnico-económica, Diseño preliminar de las soluciones técnicas a nivel de maquetas, Construcción y Verificación del Prototipo y por ultimo la Validación del sistema desarrollado en las condiciones de explotación con la participación de la entidad introductora. Las tareas para el cumplimiento de estas etapas han sido efectuadas y constituyen parte integrante de esta investigación.

La texto del Trabajo presentado esta formado por tres Capítulos: El primero de ellos se dedica al diseño de las soluciones circuitales (hardware) y de programación (software) del todas las partes que integran el sistema desarrollado. El segundo Capitulo contiene los aspectos concernientes a la construcción y evaluación del prototipo, y el tercer a la valoración técnico económico de las soluciones desarrolladas. Además el trabajo presentado consta de: Introduccion, Conclusiones, Recomendaciones y Bibliografía.

### **Antecedentes y Estado Actual de la Temática.**

Se tienen como antecedentes cognoscitivos sobre el tema de investigación, la dirección y ejecución de otros Proyectos de I+D e Innovación Tecnológica en la UCT a nivel Territorial, Ramal y Nacional, donde ha participado el maestrante en calidad de autor o coautor de los resultados obtenidos, algunos de estos logros se enumeran a continuación:

- El desarrollo de una metodología propia para el diseño de aplicaciones con microcontroladores PIC, la cual se ha aplicado con éxito en el diseño de equipos electrónicos al pedido del cliente y de sistemas automatizados de adquisición, procesamiento y control de parámetros (SAPC) [1,7,14,15,38] en procesos tecnológicos de diferentes ramas de la industria y los servicios.
- Desarrollo y fabricación de un Prototipo de sistema automatizado con comunicación RS232 [2] con PC a nivel de prototipo, para medir, indicar y controlar la temperatura de forma multiplexada en 8 canales de medición con destino al proceso de fermentación del tabaco en cámaras cerradas, empleando como sensores los transmisores de temperatura con salida por corriente, sobre la base de una aplicación con el microcontrolador Motorola [35].
- Diseño, fabricación e introducción en la producción masiva de los siguientes modelos electrónicos para la producción agroindustrial:
  - TC06: Control de Temperatura y humedad para el secado de tabaco
  - TC07: Secuenciador Electrónico Programable para el secado de tabaco
  - TC061: Control de temperatura y humedad para el secado de madera y plantas medicinales en secaderos solares.
- Diseño y fabricación de los Prototipos de termómetros digitales portátiles con lectura multiplexada y sondas de temperatura especiales para la aplicación en los centros de procesamiento del agroindustria tabacalera, sobre la base del diseño electrónico de la aplicación con el microcontrolador PIC 16F73B [1,3,7,36,38]



- Diseño y fabricación de Prototipos para el control del secado del tabaco negro empleando sondas PT100 y el calculo de la humedad relativa por el método psicrométrico, construido con el microcontrolador PIC 16F74 [1,3,7,37,38].
- Los conocimientos y habilidades adquiridas en el trabajo con las herramientas de diseño para el trabajo con los microcontroladores PIC de la firma Microchip [1,3,10,11,12,11,13,14,15,16,17], que permiten simular, compilar, depurar errores y programar las familias de microcontroladores: PIC16Fxxx, PIC16Fxxx y rfPIC como son las siguientes herramientas:
  - La herramienta ICD2: depurador/programador de aplicaciones PIC.
  - El Software compilador CCSC (PCW) con lenguaje C para ensamblar código de los microcontroladores PIC.
  - El Software especializado MPLAB 7.0 para la simulación, puesta a punto y programación con los circuitos integrados PIC.
  - El software de simulación de aplicaciones con microcontroladores PIC y otros circuitos integrados, denominado Proteus ISIS 7.0 [41].
  - El Software especializado ORCAD 9.0 [42] para el diseño de circuitos impresos y la simulación de los circuitos analógicos y digitales.
  - El Software MathLab [40] para el cálculo estadístico de las mediciones.
  - Tarjetas electrónicas para el desarrollo de aplicaciones, con muestras de diferentes tipos de microcontroladores y un CD-ROM de información técnica e instalación de los software especializado para desarrollar aplicaciones con: los microcontroladores PIC Serie 18Fxxx y 16Fxxx. [7,10],
  - Se tienen conocimientos y habilidades en la programación de sistemas de monitoreo y control empleando como herramienta de diseño el Software LabWindows CVI para crear aplicaciones en la PC empleando lenguaje de alto nivel con programación objeto C++[17].

### **Fundamentación del proyecto**

Se basa en la necesidad de dar respuesta a la solicitud presentada a nuestra institución científica por una entidad priorizada, para su aplicación inmediata, por lo que constituye

un Proyecto de Desarrollo inscrito en el marco del Programa Ramal de Ciencia y Técnica del MIC, con el propósito de obtener y evaluar el prototipo del sistema y facilitar que se introduzca de manera sostenible en la práctica social y en las condiciones de nuestro país. Este Proyecto se justifica por su impacto político e ideológico, al mantener y mejorar la protección de los medios tecnológicos empleados en ramas priorizadas de la industria, los servicios y la defensa del país. Además por los muy positivos impactos económicos, tecnológicos y sociales, que se esperan y por contribuir a alcanzar la soberanía tecnológica en la rama, con la introducción de nuevas tecnologías para elevar la eficiencia y la eficacia del funcionamiento de los medios tecnológicos y de los procedimientos técnicos que estos realizan en vitales áreas del país.

### **El Problema.**

***¿Como contribuir a obtener y evaluar soluciones técnicas de hardware y software para el diseño modular y personalizado de sistemas automatizados de adquisición, procesamiento de datos y control de parámetros tecnológicos con comunicación con la PC?***, con características técnicas y especificaciones de calidad que satisfagan la solicitud de las entidades introductoras, en condiciones tecnológicas y económicas factibles, y con un nivel excelente de competitividad, soportados tecnológicamente por el desarrollo de aplicaciones basadas en los microcontroladores de la familia PIC.

### **Objeto de la investigación:**

El desarrollo de aplicaciones con la familia de los microcontroladores PIC para construir sistemas automatizados de adquisición y procesamiento de datos para el control de procesos tecnológicos con comunicación con la PC.

### **El Objetivo General y los Objetivos específicos**

#### **OBJETIVO GENERAL:**

Diseñar, construir y evaluar el prototipo del Sistema automatizado de adquisición y procesamiento de datos para el control de procesos tecnológicos con comunicación

con la PC que satisfaga los requerimientos técnicos solicitados, con soluciones técnicas propias, eficientes, factibles de generalizar a escala industrial y que aseguren la soberanía tecnológica en esta rama, empleando el desarrollo de aplicaciones con la familia de microcontroladores PIC.

**OBJETIVOS Específicos:**

1. Asimilar y aplicar las modernas herramientas de diseño para el desarrollo de aplicaciones con microcontroladores de la familia PIC.
2. Diseñar, construir y evaluar a nivel de prototipo: las tarjetas electrónicas (hardware) y los microprogramas almacenados en el microcontrolador PIC (software de bajo nivel) para obtener el diseño personalizado y modular de un Sistema automatizado de adquisición y procesamiento de datos para el control de procesos tecnológicos con comunicación con la PC por puerto USB que satisfaga los requerimientos técnicos solicitados, empleando: los microcontroladores PIC18Fxxx, y otros circuitos integrados asociados,
3. Desarrollar y construir los circuitos de acondicionamiento de la señal para la conexión al sistema de un conjunto de sensores, de los tipos: magnéticos, de detección de cambio de movimiento (PIR), detectores de humo, sensores tamper, así como diseñar y fabricar un conjunto de medidores electrónicos, tales como: Medidor de parámetros ambientales (temperatura y humedad relativa), medidor de voltaje de la línea de 110v ac, medidor de voltaje de la línea de 220v ac, medidor de voltaje de las baterías. También es objetivo, desarrollar las soluciones técnicas para el control del trabajo de los periféricos siguientes: teclado, indicador alfanumérico LCD, módulo de acceso con teclado abre puertas, cierre electrónico de la puerta y los circuitos para el control y la conexión de los equipos actuadores del sistema y la desconexión de la distribución de la energía del local. Todos estos sensores, medidores y periféricos forman parte integrante del SAPC. y pueden ser conectados a este.

4. Desarrollar un protocolo de comunicación entre la interfaz electrónica del SAPC y la PC (por puerto USB) para garantizar la recepción y la transmisión de paquetes de datos en ambas direcciones, el control de la calidad del proceso, y la corrección de errores detectados, todo ello en dos regímenes de trabajo: reporte por muestreo con un tiempo programable y reporte urgente ante la ocurrencias de eventos significativos previamente definidos.
5. Desarrollar y ejecutar un programa residente en la PC, elaborados con el software especializado Windows CVI, con el objetivo de monitorear el trabajo del sistema y efectuar el control y la configuración de la comunicación entre el puerto USB seleccionado de la PC y la interfaz electrónica diseñada, realizar la programación de parámetros tecnológicos de control desde la PC y visualizar en el monitor de la PC, los paneles gráficos que contienen la información sobre los datos y las lecturas que reporta el sistema a la PC.
6. Evaluar económicamente los recursos empleados durante la ejecución de este Proyecto de investigación, incluyendo el cálculo del costo de elaboración del prototipo desarrollado.
7. Establecer los requerimientos tecnológicos para integrar y aplicar las soluciones técnicas de hardware y software diseñadas con vistas a su generalización mediante la producción masiva del producto en una serie cero.

### Hipótesis

Si se logran desarrollar, diseñar, fabricar y evaluar un conjunto de soluciones técnicas personalizadas, modulares y eficientes con la construcción de aplicaciones con los microcontroladores PIC y estas se integran de forma técnica económica factible y competitiva **se contribuirá decisivamente a integrar estas soluciones en la obtención de sistemas de adquisición, procesamiento y control de parámetros tecnológicos con comunicación con la PC.**

**Campo de acción.**

El desarrollo personalizado de sistemas automatizados de adquisición, procesamiento y control de parámetros tecnológicos, lo cual incluye: el diseño circuital de las tarjetas electrónicas (hardware de las partes que forman el sistema), el desarrollo y puesta a punto de los programas de trabajo de los microcontroladores PIC (software del sistema), la obtención de protocolos propios para la comunicación con la PC empleando como soporte tecnológico del sistema: los microcontroladores de la familia PIC, las modernas herramientas para el diseño de estas aplicaciones y el uso de software de alto nivel para crear programas personalizados residentes en la PC para la el monitoreo de estos sistemas.

**Metodología y herramientas de diseño empleadas en la investigación**

A continuación se presenta una tabla donde se relacionan los métodos empleados en la Investigación, según las etapas de estas:

Tabla No.1: Métodos de investigación utilizados.

<b>Etapas</b>	<b>Tareas que distinguen la etapa</b>	<b>Método Investigativo</b>
Factibilidad	<ul style="list-style-type: none"><li>• Diagnostico actual de la tecnología que se investiga y sobre el estado actual del arte. Tendencias futuras</li><li>• Factibilidad Técnico Económica. Elaboración del Proyecto.</li><li>• Establecimiento del problema, la hipótesis, el marco contextual, el marco teórico, los Objetivos del Proyecto, el Cronograma de trabajo, la Planificación de los recursos. Elaboración del Presupuesto. Análisis de la Tarea técnica con el cliente.</li></ul>	Histórico. Hipotético-deductivo. Observación científica de las Mediciones. Recopilación y análisis de la información Enfoque Dialéctico
Diseño Preliminar	<ul style="list-style-type: none"><li>• Diseño de las soluciones técnicas.</li><li>• Asimilación de las nuevas tecnologías, componentes y herramientas de diseño.</li><li>• Modelar soluciones de hardware en maquetas y tarjetas de prueba, Obtención y simulación de circuitos eléctricos en la PC. Obtención y simulación de soluciones de software para los microprogramas PIC</li><li>• Desarrollo de rutinas en lenguaje C</li></ul>	Histórico. Recopilación, análisis, y síntesis de la información. Modelación Enfoque Sistémico Medición de datos y Técnica experimental

<b>Etapas</b>	<b>Tareas que distinguen la etapa</b>	<b>Método Investigativo</b>
Prototipo	<ul style="list-style-type: none"><li>• Construcción del prototipo.</li><li>• Diseño de los circuitos impresos. Montaje de componentes, ensamblaje de los equipos y partes. Fabricación del prototipo.</li><li>• Prueba y ensayos, ajustes del prototipo.</li><li>• Verificación y control de calidad</li></ul>	Técnica experimental Modelación La Abstracción y la Integración. Recopilación, análisis, síntesis información. Sistémico
Validación	<ul style="list-style-type: none"><li>• Realizar la Validación del Prototipo en Pruebas de campo.</li><li>• Elaborar la Documentación Técnica.</li><li>• Evaluar los impactos</li></ul>	Medición y Técnicas experimentales Sistémico y Dialéctico Recopilación, análisis síntesis información.

### **Herramientas de diseño y metodologías a emplear en el Proyecto.**

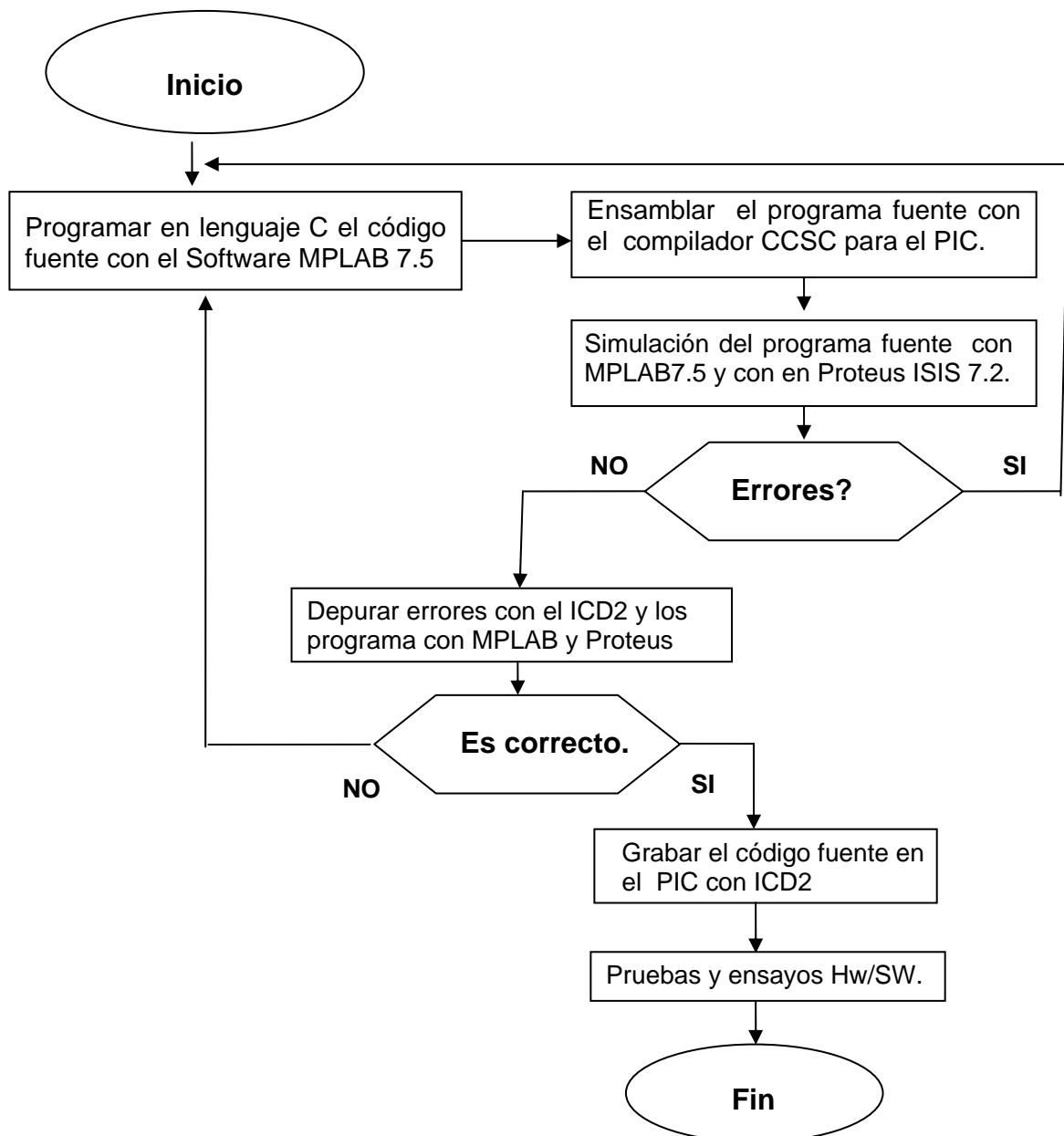
Para el desarrollo de las soluciones de hardware y software del Proyecto, y la ejecución de las necesarias pruebas y ensayos durante la etapa de diseño preliminar, se procede a realizar la construcción de maquetas de diferentes partes del sistema, mediante el montaje de componentes en una tarjeta de prueba. Además se desarrollan rutinas de programas en código fuente para el microcontrolador PIC, las cuales se van poniendo a punto por separado para asegurar el trabajo de los diferentes módulos del sistema y finalmente se integran por etapas hasta alcanzar el código fuente definitivo.

Para la realización del Proyecto se emplean las siguientes metodologías y herramientas de diseño para garantizar la calidad de los resultados, estas son:

- 1) Software MPLAB 7.5 para la simulación, detección de errores y programación con PIC. ICD2: Herramienta de diseño para detectar y depurar errores de programación y programar el con microcontroladores PIC (Microchip).
  - 2) Software Proteus ISIS 7.2 para la simulación eléctrica y lógica.
  - 3) Software compilador CCSC (PCW) con lenguaje C para ensamblar código PIC.
  - 4) Software ORCAD 16.0 para el diseño de circuitos impresos y simulación.
  - 5) Software LabWindows/CVI para crear aplicaciones residentes en PC.
  - 6) Software MathLab para el tratamiento estadístico de las mediciones.
  - 7) Metodología para diseñar aplicaciones con microcontroladores PIC.
- Procedimientos de diseño y Manual de Diseño elaborado en la UCT LACETEL,

según la Norma ISO9001-2008. Metodologías para efectuar pruebas y ensayos del prototipo. También fue muy beneficioso el contacto directo con expertos de Universidades y Centros de investigación en temas afines. A continuación se presenta el diagrama (Figura No. 1) que describe el método de desarrollo y puesta a punto de los programas, para ello se combinan modernas herramientas de diseño:

**Procedimiento de trabajo para el desarrollo de los microprogramas PIC**



Para el diseño del software de una aplicación se comienza por generar y editar el programa fuente en lenguaje C, para ello se emplea el MPLAB 7.5 y se obtiene un fichero de programa fuente con extensión C. Posteriormente se ensambla y compila el programa, obteniéndose este, en lenguaje de código de las instrucciones del microcontrolador PIC. Durante este proceso se pueden producir errores en el programa fuente de tipo sintáctico y es necesario volver a editar, depurar y corregir estos. Además se perfecciona el código generado mediante la simulación con las herramientas de diseño ICD2, MPLAB y Proteus ISIS de forma combinada. Cuando el programa fuente está correcto, se genera el fichero con extensión xxx.hex, que contiene el código ensamblador a programar en el PIC. Se muestra en la siguiente Figura No.2.



El proceso de puesta a punto finaliza cuando el microprograma satisface los requerimientos de diseño del sistema y se procede a grabar el microprograma en el PIC almacenando el contenido del xxx.hex en la memoria EEPROM, para ello se utiliza la herramienta ICD2, aunque existen otros equipos para la programación de los microcontroladores PIC, tales como: PICSTART Plus, PROMATE II y PICDEM 1.

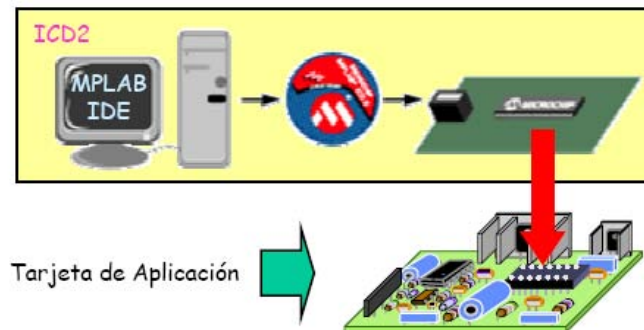


Figura No.3: ICD2 Herramientas de diseño de aplicaciones con PIC.



Por último se efectúan las pruebas y ensayos finales empleando el hardware diseñado que contiene el microcontrolador PIC recién grabado y se verifica el correcto funcionamiento del conjunto hardware/software. Es muy ventajoso el uso de la herramienta profesional **ICD2** y el software MPLAB IDE, que tiene dos funciones:

- 1) La depuración de errores durante la puesta a punto del programa de aplicación, haciendo que el dispositivo PIC pueda ejecutar dicho programa paso a paso, con puntos de ruptura en tiempo real y además incluye el hardware y firmware necesario para realizar las tareas propias de programación del código fuente.
- 2) La programación del PIC con el código fuente.



Figura No.4: Uso del ICD2

### **Impactos de la investigación:**

#### **Económicos**

Se espera lograr un impacto económico por concepto de ahorro de recursos en moneda convertible por sustitución de importaciones.

Se logra eficiencia y calidad en el proceso tecnológico que se automatiza y se ahorra energía eléctrica.

**Sociales y Tecnológicos.**

La introducción y la aplicación de tecnologías de punta en el diseño de sistemas automatizados se espera que constituya un positivo impacto en el desarrollo tecnológico y la generalización de estos sistemas.

Debido a que se asimila y aplica una tecnología con un nivel alto de complejidad técnica, se planifica un mejoramiento de la capacitación del personal que trabaja con el sistema y para los que se desempeñan como investigadores en esta rama.

Contribuye muy positivamente a la soberanía tecnológica en el campo de las tecnologías de la electrónica y sus resultados se aplican satisfactoriamente para el beneficio social.

## **CAPITULO I: Diseño del Sistema Automatizado de Procesamiento y Control.**

### **Introducción:**

El diseño de este Sistema comprende el desarrollo de todas las partes que componen el sistema, con un diseño modular, eficiente, fiable, factible de ser producido masivamente y con la calidad requerida según los requerimientos técnicos del SAPC, este objetivo implica efectuar las siguientes tareas:

- 1) El diseño del hardware del sistema para lo cual es necesario desarrollar el circuito eléctrico para el funcionamiento de la interfaz electrónica principal del sistema de forma modular para conectar y controlar los siguientes bloques del mismo:
  - Sensores de diferentes tipos, tales como: sensores magnéticos, sensores de detección de humo, sensores de cambio de movimiento, micro conmutadores, entre otros.
  - Equipos electrónicos medidores de parámetros tecnológicos, como son: temperatura, humedad relativa, voltaje de la línea ac y voltaje de línea dc, entre otros.
  - Periféricos del sistema, como son: el módulo de acceso abre puerta, el cierre electrónico, el teclado de comunicación, el Indicador alfanumérico LCD.
  - Circuitos para el control del funcionamiento de los equipos actuadores y los equipos tecnológicos que controla el SAPC y para conmutar las líneas de alimentación desde una pizarra de distribución general de energía.
  - Soluciones para el respaldo del Sistema en caso de fallos energéticos.
  - Circuito electrónico para la comunicación de la interfaz electrónica con la PC por puerto USB.
- 2) La Construcción del sistema, instalación, puesta a punto y evaluación de este, lo cual requiere el diseño de los circuitos impresos de todos dispositivos que lo forman y la interconexión de estos.
- 3) El desarrollo, puesta a punto y evaluación de los microprogramas que se encuentran almacenados en los microcontroladores PIC que forman el SAPC
- 4) El desarrollo, puesta a punto y evaluación del Programa de Monitoreo residente en la PC para la supervisión del trabajo del SAPC.

En este capítulo se describen las soluciones técnicas obtenidas en el diseño.

### **1.1.0 Requerimientos Técnicos para el diseño del SAPC**

La solicitud presentada para el diseño de SAPC, incluye la Tarea técnica que es el punto de partida del diseño que establece un conjunto de requerimientos técnicos a cumplir, y acota el alcance de la investigación al nivel de la fabricación del prototipo, la evaluación y la validación de este mediante pruebas de campo.

El SAPC asegura el correcto funcionamiento de los equipos tecnológicos instalados, para lo cual se requiere medir, indicar y controlar los parámetros ambientales y los niveles de la tensión de las líneas eléctricas de alimentación, manteniendo el equipamiento tecnológico en un régimen de trabajo adecuado. Además el sistema realiza la protección física y controla el acceso al lugar donde se encuentra operando el equipamiento tecnológico, por lo que el sistema incluye: un conjunto de sensores, el control del acceso con cerradura electrónica, un reloj de tiempo real, el control de la operación de los equipos actuadores y la comunicación con la PC por puerto USB.

Además el sistema, realiza las siguientes funciones, según las siguientes partes:

#### **En la Interfaz electrónica y sus conexiones con los periféricos, los sensores, los equipos medidores y la PC.**

- Posee 5 Modos de trabajo del sistema, que son: Modo de Control de parámetros del sistema, Modo de Programación de los parámetros de control del sistema desde un teclado ubicado en la interfaz electrónica, Modo de lectura de los parámetros de trabajo, Modo de operación sobre actuadores, Modo de Transmisión y Recepción de datos con comunicación con la PC.
- Indicación digital mediante un panel alfanumérico de cristal líquido (LCD) de: mensajes de los modos de trabajos, lecturas de parámetros sensados y medidos en el sistema, estado de los actuadores, la fecha, la hora y el valor de los parámetros de control en el régimen de programación.
- Medición de los parámetros ambientales.
- Medición de las tensiones en las líneas de voltaje alterno de 110v y 220v.

- Medición del estado de la carga de la batería de respaldo energético.
- Detección de presencia o cambio de movimiento en el interior del local.
- Detección de humo como medio de detección de incendios en el interior.
- Control del acceso principal mediante teclado y cerradura electrónica
- Detección de intrusos que fuerzan puertas, ventanas y el módulo de acceso.
- Registro de valores de la lecturas efectuadas, de datos y parámetros de control en un componente externo del tipo memoria EEPROM en un bus del tipo I2C.
- Registro e indicación del tiempo real con un componente mediante el bus I2C.
- Control de parámetros y acciones, las que se describen en la tabla siguiente:

Tabla No.2: Requerimientos técnicos del SAPC.

<b><u>No.</u></b>	<b><u>Parámetro a controlar</u></b>	<b><u>Valores</u></b>	<b><u>Observaciones</u></b>
1	Temperatura (control)	Intervalo de Control	Control con el aire acondicionado
2	Sobre Temperatura	Valor aviso	Emitir aviso a PC
3	Exceso de Temperatura	Valor máximo	Desconectar Equipo
4	Humedad relativa (control)	Intervalo de Control	Control con el deshumificador
5	Sobre Humedad relativa	Valor aviso	Emitir aviso a PC
6	Exceso de humedad no permisible	Valor máximo	Emitir aviso a PC y Desconectar Transmisor
7	Control del acceso al lugar (contraseña de apertura e la puerta)	Módulo de Acceso	<ul style="list-style-type: none"><li>• Captar contraseña, Dar acceso, abrir puerta.</li><li>• Enviar aviso a PC</li><li>• Bloquear Teclado de acceso con 3 intentos incorrectos. Activar sirena contra intruso</li></ul>
8	Detectar intruso que fuerza la puerta	Sensor en la puerta	Enviar aviso a PC Activar Sirena si intruso
9	Detectar intruso que fuerza otros accesos	Sensor Magnético	Enviar aviso a PC Sonar Sirena si intruso
10	Detectar el cambio de movimiento de personas en áreas protegidas	Sensor de cambio de posición o movimiento	Enviar aviso a PC Sonar Sirena si intruso
11	Apertura y cierre de la puerta	Módulo de acceso y sensor puerta	Enviar aviso a PC de la apertura y el cierre de la misma.

<b><u>No.</u></b>	<b><u>Parámetro a controlar</u></b>	<b><u>Valores</u></b>	<b><u>Observaciones</u></b>
12	Detectar incendio o humo	Sensor de detección de incendio	Enviar aviso a PC Sonar sirena si humo Desconectar Energía
13	Respaldo de energía eléctrica del sistema	Medir estado carga de la Batería.	Respaldo energético con un régimen autónomo Enviar aviso a PC.
14	Controlar el valor de la tensión de la línea de 110V de AC	Medidor del Voltaje de ac Controlar que no exceda de: 110 V $\pm$ 10%	Enviar aviso a PC Desconectar la línea de 110V AC, si se excede el valor programado de control
15	Controlar el valor de la tensión de la línea de 220V de AC	Medidor del Voltaje de ac Controlar que no exceda de: 220 V $\pm$ 10%	Enviar aviso a PC Desconectar la línea de 220V AC, si se excede el valor programado de control.
18	Comunicación de la interfaz electrónica del sistema con una PC, para reportar valores por muestreo cada un tiempo fijo programable o para reportar los eventos significativos ocurridos	Interfase de comunicación por USB1.0	Protocolo Transmisión y Recepción establecido. Software residente en la PC y en la interfaz PIC para controlar y efectuar
19	Comunicación de la PC con la interfaz electrónica para programar desde la PC los parámetros de control del sistema.	Interfase de comunicación por USB1.0	Protocolo Transmisión y Recepción establecido. Software residente en la PC y en la interfaz PIC para controlar y efectuar

- Control de la conexión ON/OFF de los equipos tecnológicos mediante contactores magnéticos (relés) y otros dispositivos, estos equipos de control son: un aire acondicionado, un equipo deshumificador, varios equipos tecnológicos, la sirena de alarma y el interruptor (breaker) general de alimentación del punto. Estos controles son operados según la toma de decisiones programadas en correspondencia con el estado de las variables medidas por el sistema en forma continua.
- Comunicación por puerto USB (especificación 1.0) entre la interfaz electrónica

desarrollada y la computadora (PC) en ambas direcciones, para realizar la transmisión de paquetes digitales y efectuar reportes programados del estado de las variables del sistema cada un tiempo fijo de muestreo y ante la ocurrencia de eventos catastróficos o eventos significativos.

**Panel de Distribución y Control de la energía eléctrica:**

- Posee el equipamiento para el respaldo energético automático del sistema ante fallas de energía eléctrica, empleando baterías que se cargan.
- Contiene las fuentes de alimentación del sistema.
- Ejerce la conexión de los equipos tecnológicos y los actuadores mediante contactores magnéticos (conmutador).
- Conmutar el Breaker con protección, para la distribución general de la energía eléctrica y la alimentación del equipamiento tecnológico.
- Posee las protecciones eléctricas contra corto circuito, entre otras.

**1.2.0 Funcionamiento en Bloques del SAPC**

En el diseño de esta aplicación se emplean dos microcontroladores PIC18F452, cada uno de ellos con su microprograma de trabajo y con comunicación entre sí. El primero de los microcontroladores el PIC2 realiza las siguientes funciones:

- Control del indicador LCD, visualizar datos y mensajes del sistema.
- Transmisión de los paquetes de datos desde la interfaz PIC a la PC.
- Recepción de un buffer o paquete digital desde la PC para efectuar el modo programación de la interfaz desde la PC.
- Controlar el bus I2C donde se hallan conectados: el CI eeprom 24LC256, el CI DS1307 un reloj de tiempo real y los 2 PIC18f452, para realizar operaciones de lectura y escritura en el bus I2C, evitando las colisiones en el uso del bus.
- Conectar o no el buzzer de la interfaz PIC.
- Atención al teclado de la interfaz PIC en los modos de trabajo siguientes:
  - a) Modo lectura de parámetros para mostrarse en el indicador LCD.
  - b) Modo programación de parámetros desde el teclado de la interfaz.

c) Desconectar la alarma desde el teclado.

d) Resetear el equipo desde el teclado.

El microcontrolador PIC1 lleva constantemente a cabo la lectura de los sensores conectados y de los medidores, la detección de eventos catastróficos y las acciones de control sobre el equipamiento tecnológico ante estos eventos, así como comunica el reporte al otro PIC. Este PIC realiza las funciones siguientes:

- El control del módulo de acceso, captación de la contraseña tecleada, comprobación de esta y control de la apertura del cierre electrónico, para la apertura de la puerta por teclado o por solicitud mediante un interruptor interno.
- La lectura de los sensores conectados: sensores magnéticos (son 2 unidades, conectadas en distintos sitios, uno de ellos en la puerta principal y el otro es opcional), sensor PIR o detector de cambio de movimiento, el detector de humo o incendio y el sensor tamper o micro interruptor de protección del teclado de acceso ante actos vandálicos.
- La lectura de los medidores de temperatura y humedad relativa
- La lectura de los medidores de voltaje de ac para las líneas de 110v y 220v.
- La Lectura del voltaje de dc de la batería de respaldo del sistema.
- La salva de los datos en la memoria eeprom del bus I2C, sin colisionar con el otro PIC. Estos datos son: las lecturas de medidores, los estados de los sensores y los equipos actuadores.
- Detección de eventos y análisis de las prioridades entre ellos para realizar las operaciones de control sobre los equipos actuadores e informar al microcontrolador PIC2 para su transmisión a la PC, en el nuevo reporte.
- Establecer la conexión o no de los equipos que se controlan según el evento.
- Ejercer el control de la temperatura y de la humedad relativa, mediante la operación de los equipos de control de los parámetros ambientales según los valores de control programados.



- Ejercer el control de la conexión de los equipos tecnológicos que se protegen ante fallas de energía eléctrica de las líneas de ac, o ante excesos de temperatura y/o humedad relativa en el local de trabajo.
- Medir y evaluar el voltaje de la batería y avisar a la PC su posible deterioro previo a que esta se descargue.

### **Modos de trabajo del sistema desarrollado:**

El sistema consta de los siguientes modos de trabajo:

1. Modo de control.
2. Modo de transmisión de datos (TX) de datos de la interfaz a la PC.
3. Modo de recepción de datos (Rx) de datos en la interfaz PIC enviados desde la PC, conocido como modo programación desde la PC.
4. Modo de programación por teclado desde la interfaz PIC.

### **Modo de control:**

Este modo es el que se instala al comenzar el equipo su funcionamiento normal.

Cuando este se energiza se observa en la interfaz PIC que se muestra en el LCD el mensaje siguiente: "**LECTURA SETUP** " y "**ESPERE...**", cargándose los datos del SETUP del sistema que están almacenados en la memoria y a continuación mientras este proceso se efectúa se presentan los mensajes: **BUFFER 1, BUFFER 2, BUFFER 3, BUFFER 4, BUFFER 5** de forma consecutiva y posteriormente se muestra en el LCD, la fecha y la hora en la línea superior del indicador LCD y en la línea inferior se muestra la lectura de la temperatura y la humedad relativa. El contenido de la línea inferior del LCD cambia mostrando indistintamente los valores de las lecturas de las líneas de voltaje de 110v y 220 voltios de ac y del voltaje dc de la batería de respaldo. También se muestra el tiempo en minutos y segundos que aún faltan por transcurrir para realizar la próxima operación de transmisión de datos a la PC.

Desde el **modo de control** puede pasarse al **modo de TX/RX** o al **modo teclado**, para lo cual se emiten mensajes sobre el correcto funcionamiento de la Tx y la Rx de datos y se expresa en el LCD la activación del modo teclado.

### **Modo teclado de la interfaz**

Para acceder a este modo en el indicador LCD aparece el texto MODO TECLADO en la línea inferior del LCD y en ese momento la interfaz PIC permite usar el teclado, si se detecta que se presiona una de las teclas funcionales (si es otra la tecla es presionada esta no es atendida). Si se acepta la tecla, se opera en alguno de los regimenes de trabajo del teclado que se describen a continuación:

1. Programación desde la interfaz electrónica del sistema.
2. Lectura de los datos en tiempo real desde la interfaz electrónica del sistema
3. Desconectar la Alarma contra intrusos o Sirena
4. Reset el equipo o Iniciar el equipo

Estos se explican en la siguiente Tabla No.3:

<b><u>Regimenes de trabajo</u></b>	<b><u>Operación que se ejecuta</u></b>
<b><u>Programación desde la interfaz electrónica del sistema</u></b>	<p>Se activa con las teclas: <b>F1 y #(Enter)</b>. Requiere una contraseña (<b>ID</b>) para poder entrar a este régimen Al entrar se visualiza un mensaje en el indicador LCD y muestran los parámetros de control a programar de uno en uno avanzando con la <b>teclas #</b>. Cada uno de ellos es posible cambiarlo y se valida la entrada del nuevo dato. Se abandona el régimen de programación según motivo: por tiempo transcurrido sin tocar tecla alguna, tecleando sucesivamente la <b>tecla #</b> hasta el final mediante la <b>tecla (.)</b> la cual abandona de inmediato.</p> <p><u>Listado de parámetros programables:</u></p> <p>Contraseña de programación, Tiempo de muestreo segundos. 5 Contraseñas (1) de apertura de la puerta, Contraseña (5) de desbloqueo de teclado, Temperatura MAXIMA, Temperatura MINIMA de control, Temperatura de Aviso y Temperatura de desconexión, Humedad MAXIMA y Humedad MINIMA de control, Humedad de Aviso y Humedad de desconexión.</p> <p>Descripción de los actuadores y sensores. La fecha y hora</p>

<u>Regimenes de trabajo</u>	<u>Operación que se ejecuta</u>
<u>Lectura de los datos en tiempo real desde la interfaz electrónica del sistema</u>	<p>Se activa con <b>las teclas: F2 y # (Enter)</b>. Requiere una contraseña (<b>ID</b>) para poder entrar a este régimen, y solo se visualizan en el indicador LCD los parámetros de control, las lecturas de los Medidores y de los Sensores conectados, y el estado de los equipos actuadores que se controlan. <b>NO se permite Programar</b>. Con la <b>tecla #</b> es posible avanzar consecutivamente para ver los todos y salir del régimen de lectura. Se abandona este régimen según igual proceder que el modo anterior:</p> <p><b><u>listado de parámetros que se indican en el LCD:</u></b></p> <p>Todos los parámetros ídem al modo anterior y además el estado del sensor magnético 1, del sensor magnético 2, del sensor de humo, del sensor PIR, del sensor tamper y de la puerta, también la conexión de los actuadores y el número del reporte Tx a la PC.</p>
<b>1. <u>Desconectar la Alarma contra intrusos o Sirena</u></b>	<p>Se activa con las teclas: F3 y # (Enter). Requiere una contraseña (ID) para poder entrar a este modo y desactiva la alarma sonora. Se visualizan en el indicador LCD un mensaje cuando es factible desconectar la alarma. .</p>
<b>2. <u>Dar el Reset a la interfaz o Iniciar el equipo</u></b>	<p>Se activa con las teclas: F4 y # (Enter). Requiere una contraseña (ID) para poder entrar a este modo y resetea los dos PIC. Se visualizan en el indicador LCD un mensaje cuando es factible efectuar el RESET. Se observa en el LCD los mensajes correspondientes y se inicializa el numero del reporte de TX al ponerse en 1</p>

**Modo de TX de la interfaz al PIC.**

Este modo ocurre cada un tiempo de muestreo fijo y programable con un intervalo de 30 a 240 segundos, y también de forma urgente al producirse un evento extraordinario que requiere ser informado por la interfaz electrónica a la PC.

Para la Transmisión (Tx) se tiene un protocolo TX/RX de comunicación personalizado entre la interfaz PIC y la PC el cual intercambia señales de reconocimiento entre los interlocutores y chequea, detecta y arregla los errores que puedan ocurrir durante la transmisión del paquete de datos. Este protocolo garantiza la soberanía tecnológica y la invulnerabilidad del sistema, ello esta sustentado por los microprogramas residentes en los microcontroladores: PIC1 y PIC2 y por el programa residente en la PC. El paquete de datos consta de 5 buffer cada uno de de 32 bytes, con la estructura siguiente:

<b>Configuración típica de uno de los 5 buffers del paquete de TX a PC</b>
<b>Buffer TIPICO (de la posición 0 a la 31)</b> buffer[0]=Código fijo; cabecera DEL PAQUETE buffer[1]=código fijo; cabecera DEL PAQUETE De la posición buffer[2] a la posición buffer[26] son palabras de 8 bits de datos buffer[27]= byte inferior (chequeo de control por suma de todos los datos) buffer[28]= byte superior (chequeo de control por suma de todos los datos) buffer[29], buffer[30] y buffer1[31] código fijo de cierre del buffer Valor del Checksum = $\sum$ Suma de valores desde buffer[2] al buffer[26] El ultimo de los 5 buffer cierra con las posiciones: buffer[29], Bufer[30] y Bufer[31]= código fijo de cierre del PAQUETE

**Mensajes que ofrece el INDICADOR LCD en el Modo Tx:**

Antes de transmitir de la interfaz electrónica a la PC, el LCD indica:

- **Modo TX REPORTE**. Si se trata de una Tx originada por muestreo
- **Modo TX EVE=xx**. Si se trata de una Tx originada por un evento, además se incluye el código numérico **xx** con que se codifica el evento ocurrido.

El formato de la palabra que se utiliza es: 8 bits de datos con 1 bit de parada y no se emplea el chequeo de paridad. La velocidad es de 9600 baudios y el puerto USB virtual de la PC se selecciona en el programa residente en la PC.

Una vez que el paquete digital transmitido llega a la PC, se chequea la integridad de los datos, para lo cual se comprueba que llegan los códigos fijos de cabecera y cierre de cada buffer y del paquete completo. Además se chequea el número total de palabras del paquete digital y se comprueba el valor de la suma de control de cada uno de los buffers que integran el paquete, y una vez que se verifica que no presentan errores se procede a enviar desde la PC a la interfaz electrónica, un código fijo de aceptación o de no aceptación de los datos recibidos en la PC, para que la interfaz electrónica continúe su labor según el microprograma y el protocolo de comunicación.

Si estos datos están correctos continúa el protocolo de **TX/RX**, pero si no son correctos los datos transmitidos a la PC, entonces la interfaz toma la decisión de volver a enviar el paquete de nuevo a la PC, esto se efectúa hasta un total de tres intentos consecutivos. El indicador LCD muestra uno de los siguientes mensajes:

- **no TX**. Se emite cuando no se comunica la interfaz con la PC, por algún problema o debido a que no hay conexión física entre ambos. Se repite 3 veces según los intentos de Tx, que se efectúan al no poder realizar la transmisión.
- **TX OK en PC**. Se indica cuando se realiza la TX de forma correcta y la PC así lo verifica, comunicándolo a la interfaz electrónica.
- **TX no OK en PC**. Se indica cuando se realiza la TX de forma incorrecta y la PC así lo verifica comunicándolo a la interfaz electrónica.

Una vez que se concluye la operación de TX de la interfaz electrónica a la PC el programa va a continuar con la ventana de trabajo que habilita **el modo RX**, para iniciar un posible **ciclo de operación de la RX** o sea la recepción de datos en la interfaz PIC que son enviados desde la PC, y que se conoce con el nombre de **Modo de Programación por teclado desde la PC**. Para ello el protocolo de comunicación indica el siguiente mensaje en el LCD:

- **Programa RX PC**: Para comenzar el ciclo de recepción en el modo TX/RX.

Así como se realizan las operaciones del Protocolo de comunicación entre la interfaz electrónica y la PC. Por lo que la interfaz electrónica recibe un paquete de datos que envía la PC con un total de 57 bytes, que siguen la siguiente estructura:

<b>Configuración del buffer de RX en el PIC</b>
buffer[0] y buffer[1] son códigos fijos de cabecera del paquete
De la posición buffer[2] a la posición bufer[50] son datos
bufer[51] y bufer[52] es la suma de control de los errores byte inferior y superior
bufer[53], bufer[54], bufer[55], bufer[56] es el código fijo de cierre del paquete

La interfaz electrónica chequea la estructura y la suma de control del paquete recibido desde la PC y emite los siguientes mensajes en el indicador LCD:

- **RX no OK en PIC:** Indica que los datos que envió la PC son incorrecto, y se le comunica a la PC para que reenvíe estos datos de nuevo.
- **RX OK en PIC:** Indica que los datos que envió la PC son correcto y se salvan en la interfaz electrónica.

#### **El módulo de control del acceso principal. Características y operación.**

El módulo de acceso consta de los siguientes componentes: Teclado matricial de 4x3, para imponer la contraseña de entrada, Buzzer piezoeléctrico para dar tonos de apertura, cierre y bloqueo, Diodo de color verde para indicar estados de trabajo, Cierre electrónico que abre la puerta de acceso y Pulsador de salida por interno para indicar salida desde el interior.

Para el trabajo del módulo de acceso se siguen las siguientes instrucciones:

- Teclear la contraseña de apertura de la puerta, cuando el diodo emisor de luz verde (led) esta intermitente, que es cuando el módulo esta activo y captando la operación de entrada. Cada tecla presionada se acepta cuando se escucha el sonido breve del buzzer Si la puerta esta abierta el módulo no funciona. La Contraseña consta de **n dígitos** y termina presionado la tecla **Enter (#)** para indicar que concluye esta operación. Se tiene un tiempo total de 10 segundos para teclear la contraseña completa y durante unos segundos se espera por la

aceptación o no de la contraseña. Si excede el tiempo previsto, se abandona el proceso.

- Si su operación es correcta se da un tono de buzzer largo y continuo, el led parpadea y el cierre electrónico acciona la puerta en el tiempo de 3 segundos. No deje la puerta abierta pues suena la sirena hasta que esta se cierre.
- Si su operación no es valida y el numero de intentos es menor que 3, se da un tono de buzzer continuo que es acompañado del encendido del led verde.
- Se admiten tres intentos no validos. Si excede esta cantidad, el teclado se bloquea, emitiendo un tono de buzzer intermitente al igual que el led verde, además la sirena suena para indicar el estado de bloqueo en el Módulo de acceso. Son intentos no validos los siguientes casos: La contraseña tecleada es incorrecta al verificarse con las admisibles que están almacenadas en la eeprom, o excede el tiempo asignado, en este caso el teclado se bloquea y no opera hasta que se teclee la contraseña de desbloqueo o se esperen 12 horas.
- Las contraseñas correctas que abrieron la puerta se registran en la memoria eeprom y se trasmiten a la PC donde pueden verse en el monitor con el modo lectura del programa SAETA residente en la PC.

El programa chequea el teclado cuando se detecta que alguna tecla fue presionada momentáneamente, sino abandona esta atención para continuar el trabajo de los sensores y la información de los eventos.

#### **Operación del Interruptor de apertura por interno:**

Para salir del área de trabajo se emplea un interruptor de salida por interno ubicado junto a la puerta principal, este se acciona cuando el personal sale del área de trabajo y procede a abrir la puerta por interno. Esta acción se comunica a la interfaz electrónica y a la PC. Además se activa automáticamente el sensor PIR en el interior del área de trabajo para captar cualquier intruso que entre en la zona. Si deja la puerta abierta al salir por interno, suena la sirena hasta que se cierre esta.

**Captación de eventos según el trabajo de los sensores, medidores y módulos conectados al sistema. Codificación de eventos y actuación del sistema ante los eventos que ocurren.**

En el diseño de esta aplicación se emplean dos microcontroladores PIC18F452, cada uno de ellos con su microprograma de trabajo y con comunicación entre sí. El microcontrolador PIC2 permite la programación por teclado, efectúa la indicación digital con el LCD, controla los periféricos del Bus I2C y establece el protocolo de comunicación para la transmisión y recepción de datos mediante con el puerto USB. El microcontrolador PIC1 efectúa constantemente la lectura de los sensores conectados, de los medidores, la detección de eventos catastróficos y las acciones de control sobre el equipamiento tecnológico ante estos eventos, así como comunica el reporte al otro PIC. El sistema detecta los siguientes eventos y actúa según la prioridad del orden en que se listan. En la Tabla siguiente, para la comprensión de esta se tiene: Los equipos actuadores del sistema se designan por: **EG** es la Energía general, **S** es la Sirena, **ET** es el equipo tecnológico, **DH** es el deshumificador y **Ac** es el aire acondicionado. El valor **1/0** indica que el actuador esta conectado o no, el valor **X** indica que mantiene estado anterior.

**Tabla No.4: Eventos que el sistema detecta, informa a la PC y controla.**

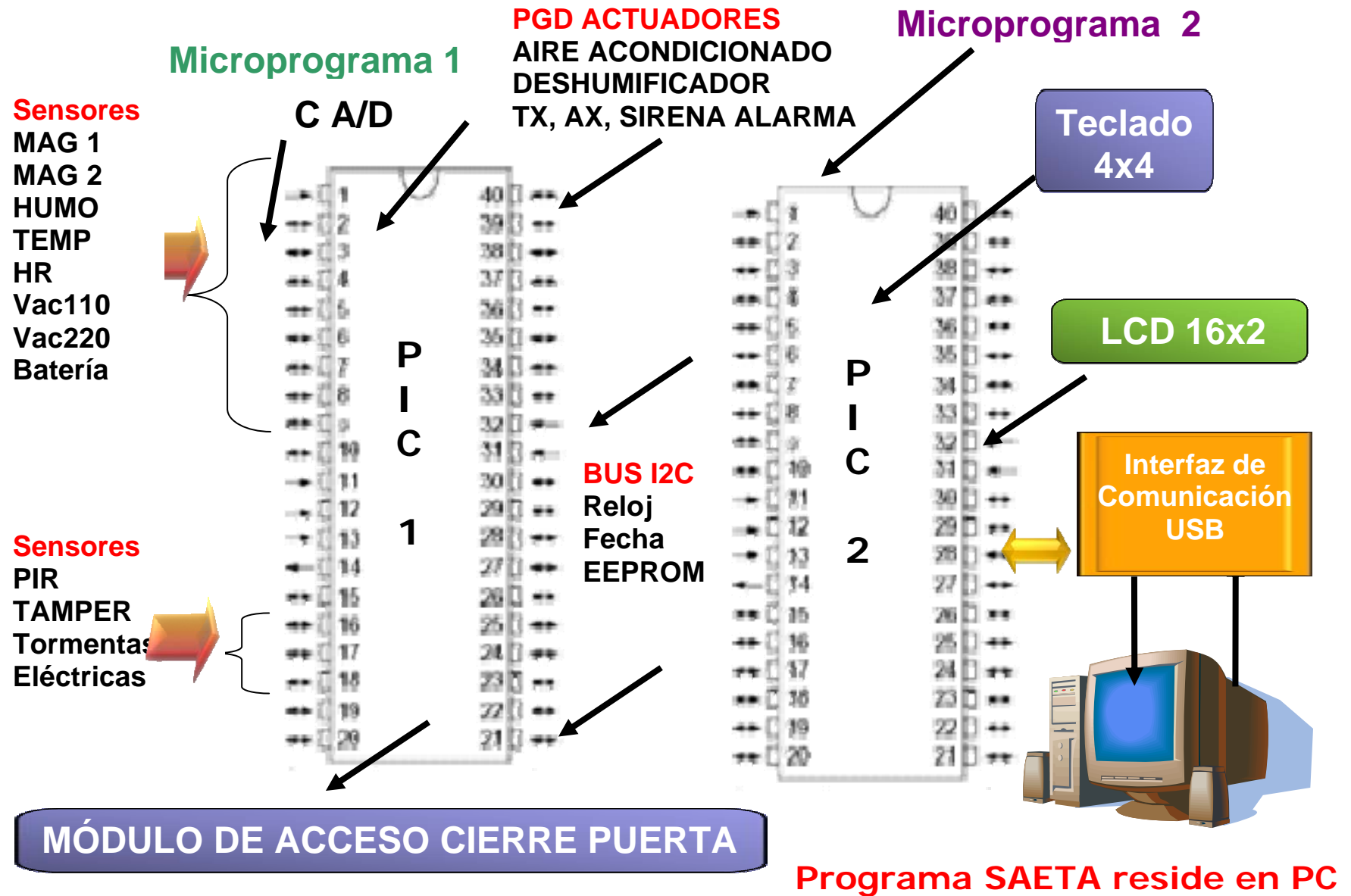
<b>Prioridad</b>	<b>EVENTOS DETECTADOS por el sistema</b>	<b>EG</b>	<b>Si</b>	<b>ET</b>	<b>DH</b>	<b>AC</b>
<b>incendio</b>	<b>Detecta incendio el sensor de humo</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Intrusos</b>	<b>Puerta Forzada, no usa módulo acceso,</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>x</b>	<b>x</b>
<b>Intrusos</b>	<b>fuerza el módulo de acceso y la puerta abre</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>x</b>	<b>x</b>
<b>Intrusos</b>	<b>corto circuito en sensor magnético ventana,</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>x</b>	<b>x</b>
<b>Intrusos</b>	<b>circuito abierto sensor magnético ventana,</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>x</b>	<b>x</b>
<b>Intrusos</b>	<b>intruso fuerza la ventana</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>x</b>	<b>x</b>
<b>Intrusos</b>	<b>circuito abierto sensor magnético de puerta,</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>x</b>	<b>x</b>
<b>Intrusos</b>	<b>corto circuito sensor magnético de puerta,</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>x</b>	<b>x</b>
<b>Intrusos</b>	<b>hay alguien detecta el PIR</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>x</b>	<b>x</b>
<b>Falla E</b>	<b>la línea 110 V ac esta en un nivel bajo</b>	<b>0</b>	<b>X</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Falla E</b>	<b>la línea 110 V ac esta en un nivel alto</b>	<b>0</b>	<b>X</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Falla E</b>	<b>la línea de 220 V Ac esta en un nivel bajo</b>	<b>0</b>	<b>X</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Falla E</b>	<b>la línea de 220 V Ac esta en nivel alto</b>	<b>0</b>	<b>X</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Falla E</b>	<b>líneas de Ac en 0 Volt hay apagón general</b>	<b>0</b>	<b>X</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Exceso T</b>	<b>Lectura Temp &gt;= Temp desconexión</b>	<b>0</b>	<b>X</b>	<b>0</b>	<b>x</b>	<b>1</b>



<b>Prioridad</b>	<b>EVENTOS DETECTADOS por el sistema</b>	<b>EG</b>	<b>Si</b>	<b>ET</b>	<b>DH</b>	<b>AC</b>
<b>Exceso H</b>	<b>Lectura HR <math>\geq</math> HR desconexión</b>	<b>0</b>	<b>X</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>X</b>
<b>Abrir Pta</b>	<b>Apertura puerta por teclado con Contraseña</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>
<b>Abre Pta</b>	<b>Apertura de la puerta por interno</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>
<b>Abre Pta</b>	<b>Apertura de la puerta emplea contraseña y hay alguien dentro,</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>
<b>Abre Pta</b>	<b>Apertura de la puerta por interno y hay alguien dentro</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>
<b>Avisos I</b>	<b>El Sensor detección de humo no tiene VCC</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>
<b>Avisos L</b>	<b>Batería de la puerta carga en el valor límite.</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>
<b>Avisos B</b>	<b>Batería de la puerta descargada.</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>
<b>Avisos T</b>	<b>Lectura Temp <math>\geq</math> Temp de aviso y la Lectura Temp <math>&lt;</math> Temp desconexión.</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>1</b>
<b>Avisos H</b>	<b>Lectura HR <math>\geq</math> HR de aviso y la Lectura HR <math>&lt;</math> HR de desconexión</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>x</b>	<b>1</b>	<b>x</b>
<b>Normal</b>	<b>Condiciones normales</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>x</b>	<b>x</b>
<b>Info a PC</b>	<b>Apagar la sirena por teclado interfaz PIC</b>	<b>x</b>	<b>0</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>
<b>Info a PC</b>	<b>Se efectúa una Programación desde el teclado de la Interfaz PIC</b>	<b>x</b>	<b>X</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>
<b>Info a PC</b>	<b>Se efectúa una Programación desde el teclado de la PC en modo programación desde PC</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>
<b>Info a PC</b>	<b>Se efectúa una Programación desde la PC de forma automática para la corrección de errores</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>

### **1.3.0 Diseño de las soluciones de Hardware del SAPC.**

Para efectuar el diseño el hardware del SAPC de forma modular este se ha dividido en secciones a desarrollar a continuación se presenta un Diagrama en Bloques del sistema en la Figura No. 5:



El Sistema de Adquisición, Procesamiento y Control de procesos tecnológicos incluye las funciones de:

- MEDIR la variable de control en el rango y la exactitud pedida.
- INDICAR digitalmente la lectura de la medición
- PROCESAR las lecturas de las mediciones.
- PROGRAMAR los valores de los parámetros de control
- ALMACENAR en una memoria externa los resultados de las medidas.
- CONTROLAR el proceso tecnológico, control de los actuadores.
- COMUNICACIÓN con la PC por puerto USB.

Para desarrollar las partes electrónica del sistema que cumplieren estas prestaciones técnicas, se presenta la descripción de diseño del hardware del sistema, dividido en los siguientes bloques:

- La interfaz electrónica del SAPC y sus componentes electrónicos
- La comunicación con la PC por puerto USB del SAPC
- Los módulos de soluciones circuitales para la conexión de sensores al SAPC, entre estos, los tipos: magnético, detector de humo, cambio de movimiento o PIR, el Módulo de acceso con cierre electrónico y el sensor tamper.
- Medidor de Temperatura y humedad relativa.
- Medidor del Voltaje de ac de las líneas de 110 v y 220 v
- Medidor del estado de carga de la batería de respaldo energético.
- Módulo para el control de la operación de los equipos de control de los parámetros ambientales, de los equipos tecnológicos y la sirena.
- Soluciones técnicas para el respaldo energético del SAPC.

### **1.3.1 Diseño de la interfaz electrónica del SAPC. Principales componentes.**

La evolución de los dispositivos electrónicos desde la aparición del circuito integrado está en constante avance tecnológico, caracterizado por el aumento de la complejidad funcional, de la velocidad de trabajo, de la integración de componentes en el chip, por la diversidad de las aplicaciones y la mejora de sus características

técnicas, una de las mas elevadas expresiones de este desarrollo acelerado de los componentes electrónicos son los circuitos microcontroladores.

Un microcontrolador, es un dispositivo electrónico encapsulado en un chip, capaz de ejecutar un programa de instrucciones almacenado en su memoria ROM, el cual puede ser reprogramado según cada aplicación deseada. El microcontrolador incluye en un solo chip, los siguientes recursos internos: unidad lógica y aritmética, unidad de procesamiento central (para ejecutar el conjunto de instrucciones del microcontrolador), memoria de programa (ROM), la memoria de datos (RAM y del tipo EEPROM) y los puertos de entrada/salida. Además, también disponen de otras estructuras funcionales con características especiales como: interfases para la comunicación externa, comparadores analógicos, convertidores analógico-digitales con entradas multiplexadas, temporizadores, contadores, entre otros recursos. En el mercado existen gran variedad de empresas que fabrican microcontroladores con características técnicas distintivas, por ello la selección del uso de estos depende de la aplicación a realizar, entre estos se encuentra la familia de microcontroladores PIC desarrollada por la empresa Microchip, la cual posee de tres tipos de gamas de microcontroladores PIC para facilitar el diseño de aplicaciones con diferentes grados de complejidad, con distintos tipos y cantidades de recursos internos, con cápsulas exteriores de los tipos (8DIP, 12DIP, 14DIP, 16DIP, 18DIP, 20DIP, 40DIP, cápsulas cerámicas SOIC y cápsula SMD para el montaje superficial) y con diferentes costos, estas gamas son: microcontroladores de gama baja con las series PIC10Fxxx y PIC12Fxxx), la gama media con la serie PIC16Fxxx y la gama alta con (la series PIC18Fxxx, también los del tipo rf PIC para la comunicación inalámbrica y PIC del tipo DSP para el procesamiento digital de señales, por lo que están disponibles para el desarrollo de diversas aplicaciones existen componentes complejos y costosos para desarrollar aplicaciones. Es posible seleccionar el chip que mejor satisface las necesidades del diseño teniendo en cuenta el tipo y capacidad de las memorias, el número de líneas de puerto y las funciones auxiliares que se precisan, pero todos los microcontroladores de esta familia tienen en común. su arquitectura interna, el conjunto de instrucciones compatibles, los rangos de frecuencia de trabajo de hasta 80 MHz, el bajo consumo de potencia y un voltaje de alimentación de 3 y 5 Voltios. Todas estas características técnicas lo hacen idóneo para ser empleado en el diseño

de equipos electrónicos, sistemas automáticos de adquisición de datos, procesamiento y control y en otras interfaces electrónicas. Entre la gama alta de los microcontroladores PIC de la empresa Microchip, se encuentra la familia PIC18Fx52 y uno de sus mejores exponentes es el circuito PIC18F452, el cual cuenta con las características técnicas y los recursos de hardware necesarios para el diseño de esta aplicación, las que se resumen en la siguiente Tabla No.5:

Features	PIC18F242	PIC18F252	PIC18F442	PIC18F452
Operating Frequency	DC - 40 MHz	DC - 40 MHz	DC - 40 MHz	DC - 40 MHz
Program Memory (Bytes)	16K	32K	16K	32K
Program Memory (Instructions)	8192	16384	8192	16384
Data Memory (Bytes)	768	1536	768	1536
Data EEPROM Memory (Bytes)	256	256	256	256
Interrupt Sources	17	17	18	18
I/O Ports	Ports A, B, C	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E	Ports A, B, C, D, E
Timers	4	4	4	4
Capture/Compare/PWM Modules	2	2	2	2
Serial Communications	MSSP, Addressable USART	MSSP, Addressable USART	MSSP, Addressable USART	MSSP, Addressable USART
Parallel Communications	—	—	PSP	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	5 input channels	8 input channels	8 input channels
RESETS (and Delays)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)
Programmable Low Voltage Detect	Yes	Yes	Yes	Yes
Programmable Brown-out Reset	Yes	Yes	Yes	Yes
Instruction Set	75 Instructions	75 Instructions	75 Instructions	75 Instructions
Packages	28-pin DIP 28-pin SOIC	28-pin DIP 28-pin SOIC	40-pin DIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP	40-pin DIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP

**Otras características técnicas del microcontrolador PIC18F452 son:**

Pose arquitectura RISC y un conjunto de instrucciones compatible con las gamas de las series de la familia PIC. La frecuencia de trabajo es de hasta 40 MHz, posee 3 líneas de interrupción externa y usa el contador WDT o perro guardián. Posee 4 temporizadores: el No.0 es configurable para 8 ó 16 bits con escalado programable, los No.1 y No.2 poseen 16 bits y 8 bits respectivamente con uso configurable por programa. Permite las interfaces de comunicación: Puerto Serie SPI (de 3 hilos en 4 modos), Bus I2C (2 hilos en modo master y esclavo), el puerto de salida con el protocolo RS232 y el puerto paralelo PSP. El conversor análogo digital tiene 10 bits de salida y puede multiplexar 8 entradas analógicas.

En el diseño de la interfaz electrónica se requieren 2 microcontroladores PIC, a continuación se presenta la conexión circuital del PIC2, que controla:

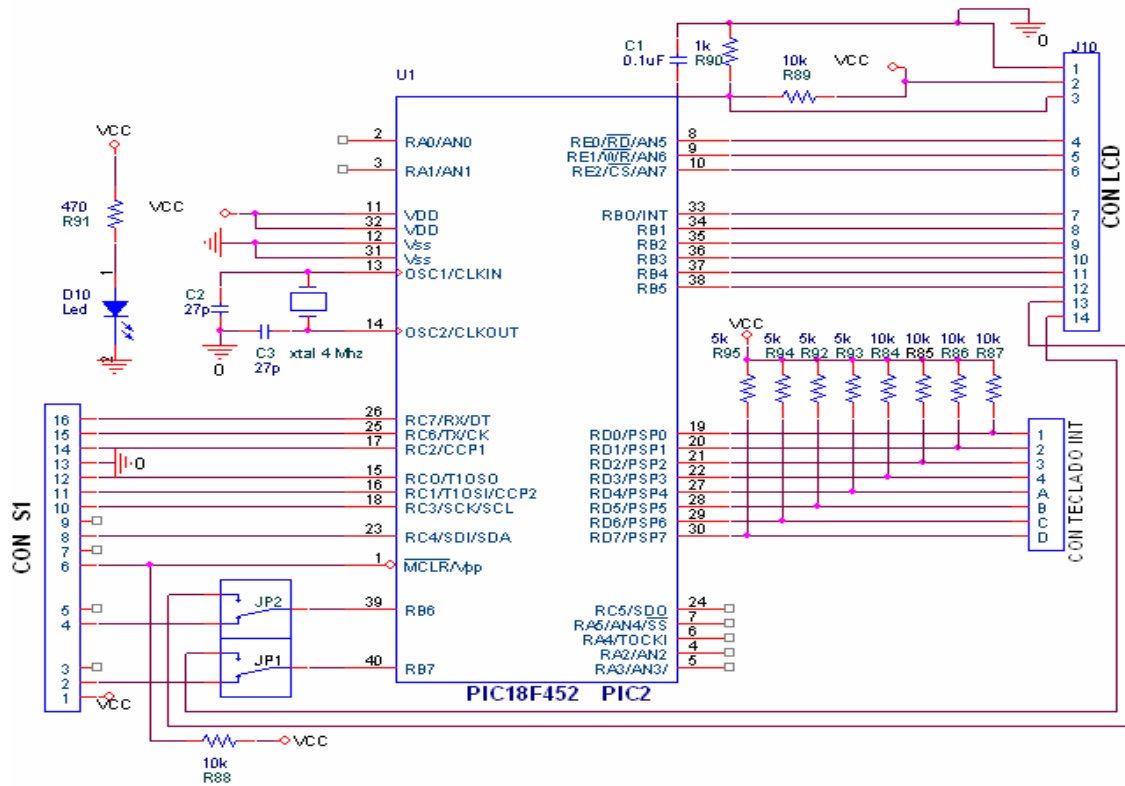


Figura No. 6: Conexión del Microcontrolador PIC2

- El teclado de la interfaz electrónica que requiere las 8 líneas del puerto D.,
  - El indicador alfanumérico LCD operando en el modo de trabajo de 8 dígitos, lo cual requiere 11 líneas de puerto: las 8 del puerto B para enviar la palabra digital del dato a indicar y las 3 líneas del puerto E para las señales de control del LCD, que son: E, RS y R/W.
  - Las líneas RB6 y RB7 son conmutables por jumpers durante el modo de programación y depuración de errores con la herramienta ICD2.
  - Además se conectan al puerto C los siguientes elementos: en C1 un buzzer, en las líneas C3 y C4 el bus I2C que contiene la eeprom 24LC256, un circuito reloj de tiempo real el DS1307 y los 2 PIC18F452. En las líneas C6 y C7 son para conectar los componentes de la comunicación con la PC y las líneas C0 y C2 son para el control de la comunicación entre los PIC de la interfaz electrónica.
- A continuación se presenta la conexión circuital del microcontrolador PIC1:

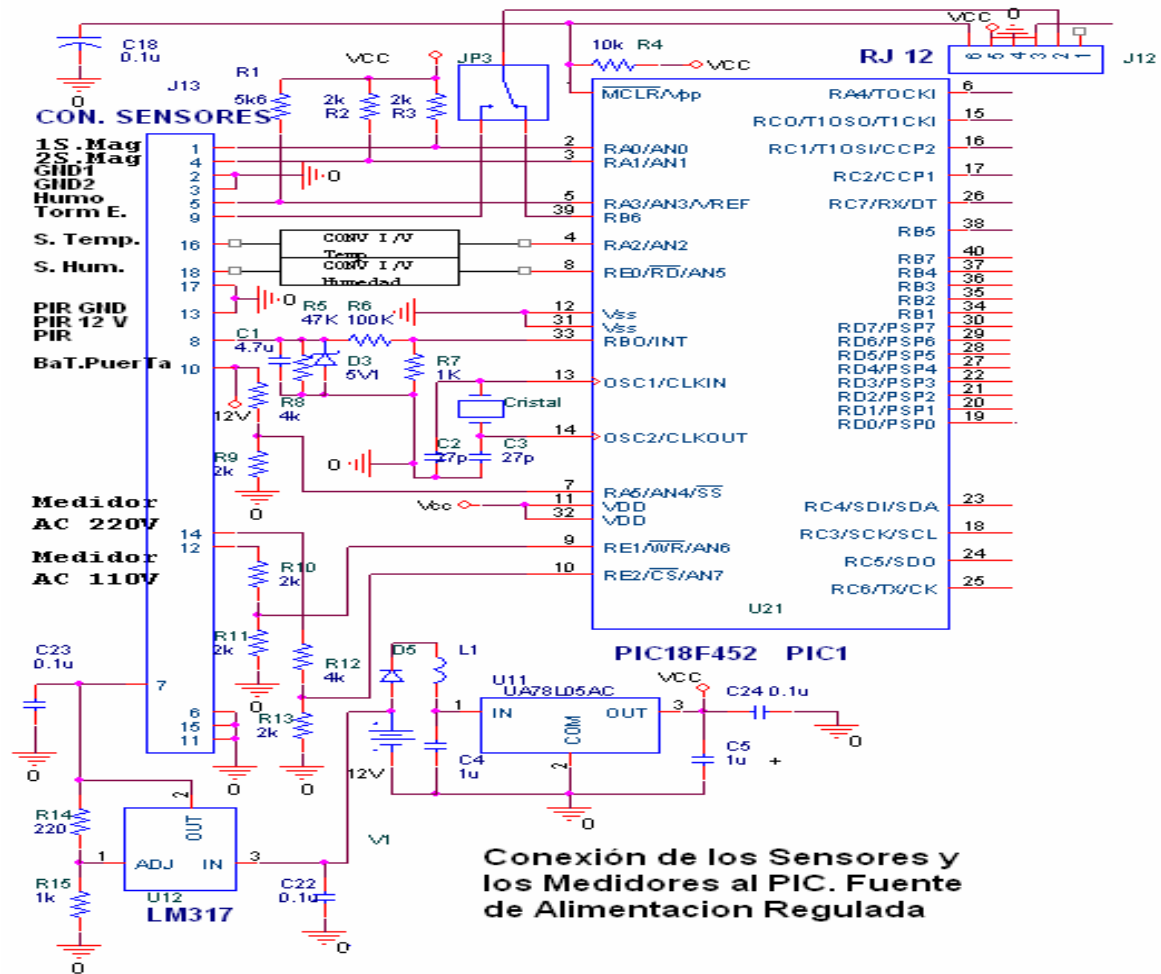


Figura No.7: Esquema eléctrico de la conexión de PIC1.

En este PIC se utilizan los Puertos A y E como un Conversor análogo digital de 8 entradas analógicas, cuya referencia es Vdd, y que tiene 10 bits de salida, a él se conectan los siguientes sensores y medidores: 2 líneas para conectar sensores magnéticos, 1 línea para conectar un sensor detector de humo, 1 línea para la conexión del medidor de temperatura, 1 línea para la conexión del medidor de humedad relativa, 2 líneas para la medición de voltaje de la líneas de ac y 1 línea para la medición del voltaje de dc que se emplea para medir la tensión de la batería de respaldo del sistema.

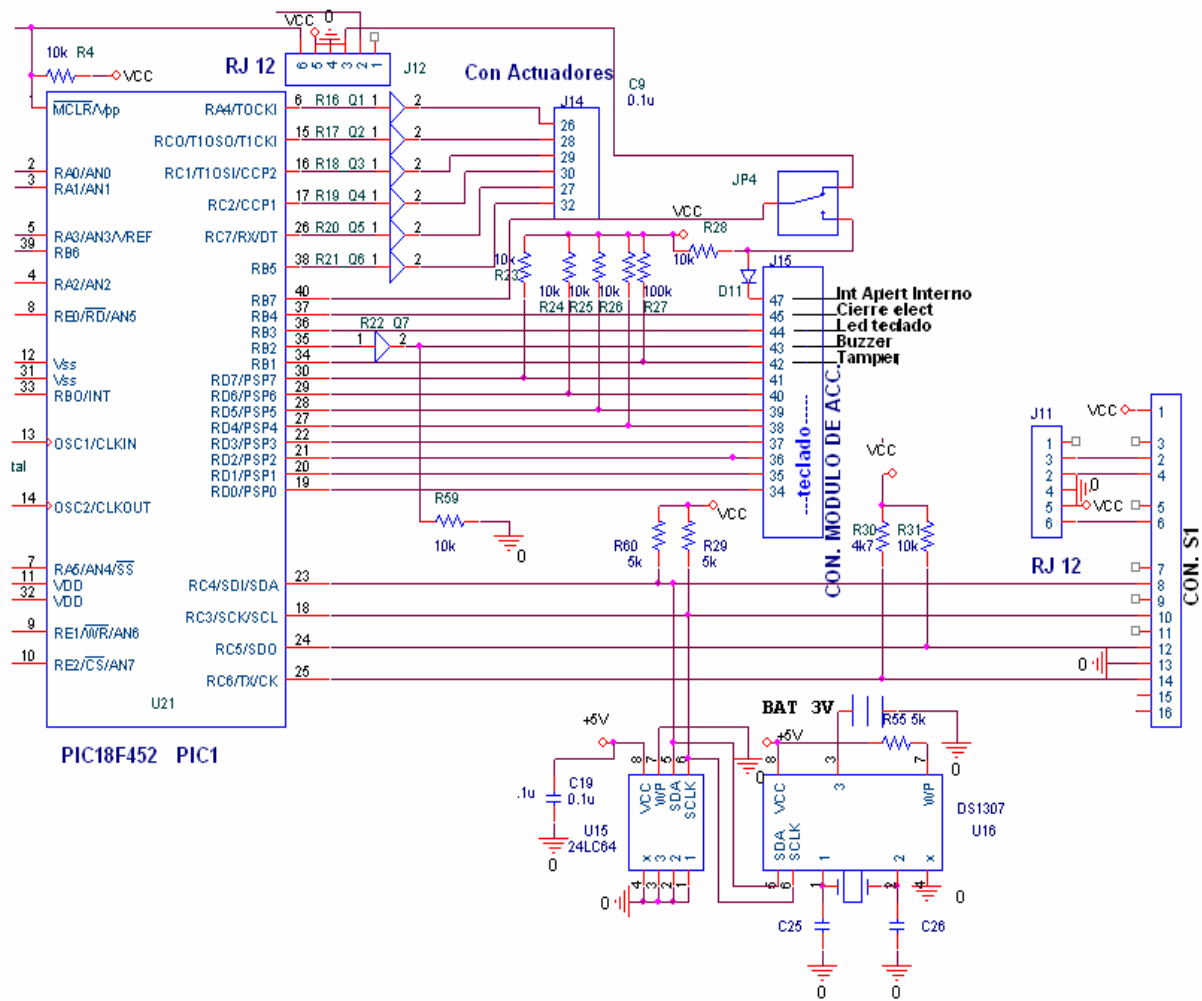
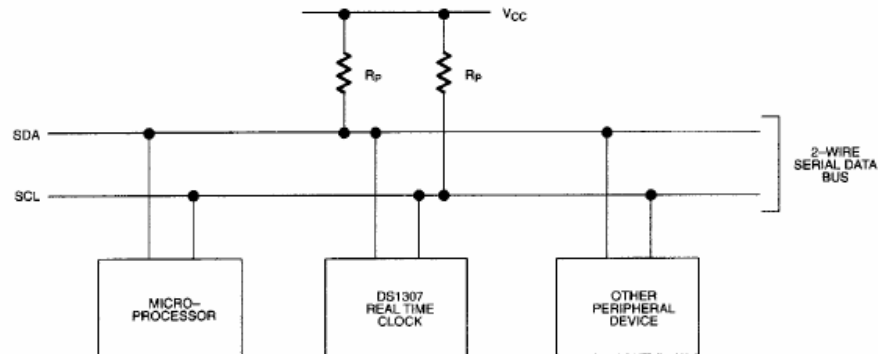


Figura No. 8: Conexión del Bus I2C, los Sensores y Equipos Actuadores al PIC

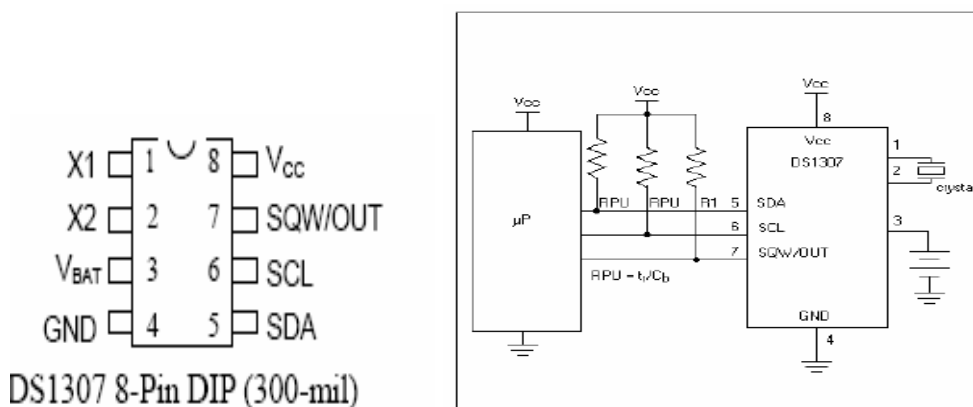
Además se conectan 13 líneas: el puerto D y las líneas RB1, RB2, RB3, RB4 y RB7 que manejan el Módulo de acceso que controla la puerta principal, lo cual se desglosa en: 8 líneas para el teclado abre puerta y una línea respectivamente para: el cierre electrónico, el interruptor e salida por interno, el sensor tamper o micro conmutador de protección del módulo de acceso, el buzzer y el diodo emisor de luz del indicador. Para el control de la operación de los equipos actuadores se dedican las líneas de puerto: RA4, RC0, RC1, RC2 y RC7. También se conecta este PIC al bus I2C (con las líneas C3 y C4). En la Figura se muestran las conexiones de los Circuitos Integrados: Memoria eeprom 24LC64 y reloj de tiempo real DS1307. Las líneas C5 y C6 son para el control de la comunicación entre los PIC de la interfaz electrónica. En ambos microcontroladores se emplea un cristal de cuarzo de 4 MHz



y se utiliza similar conexión externa para el RESET en la línea No. 1 del PIC. La conexión típica del Bus I2C de la memoria eeprom, del reloj de tiempo real, y los 2 microcontroladores PIC, se muestra en la siguiente Figura No. 9:

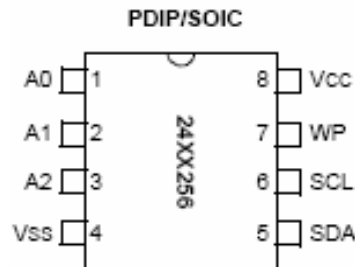


El Circuito DS1307 tiene capsula DIP8 (Figura No.10), y requiere externamente un cristal de cuarzo de 32KHz y una batería recargable de 3.3 V. El DS1307 da una salida digital serie en código BCD de los siguientes datos en palabra de 8 bits, estos son: el tiempo real en segundos, minutos y horas, en dos formatos el de 12 horas con indicación AM/PM o el de 24 horas, así como da el calendario en: día de la semana, fecha ajustada a 31 días con corrección automática según el mes en curso, el mes y el año. Su consumo de potencia es muy bajo y está diseñado para conectarse a los 2 hilos del bus I2C como se muestra en la Figura. Para la operación con este componente es necesario desarrollar rutinas de microprograma PIC para leer y escribir estos datos en su SRAM interna, y de esta forma realizar su programación previa con la fecha y la hora actualizada usando el propio bus I2C y enviando el código programado desde el PIC con un programa de prueba.



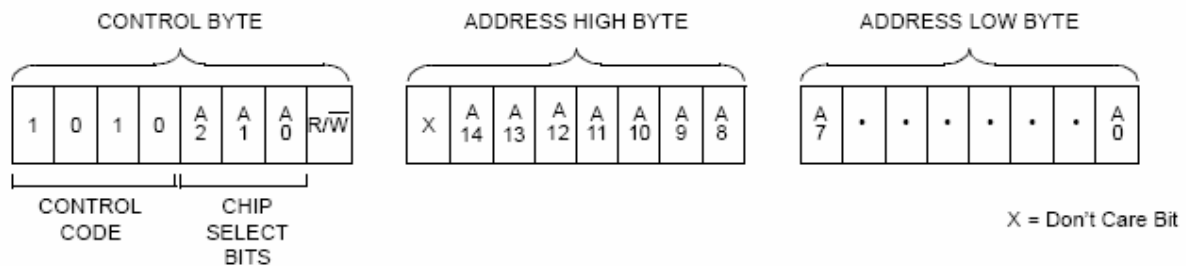
**Figura No. 10: Conexión del DS1307 al BUS I2C**

La memoria del tipo EEPROM empleada es la 24LC256 (Figura No.11) tiene una estructura interna para almacenar 32 Kbyte palabra de 8 bytes y opera con un rango de alimentación desde 1.8 a 3.5V y esta diseñada para conectarse al bus I2C, a continuación se muestra la distribución de terminales del componente:



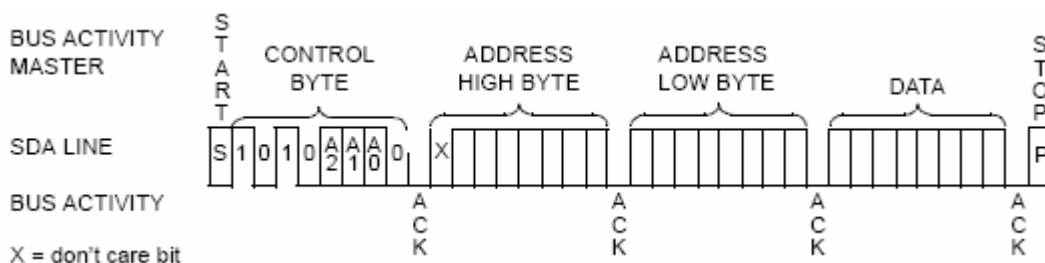
**Figura No. 11: Encapsulado de la memoria EEPROM 24LC256**

Para su direccionamiento se requiere el siguiente Protocolo (Figura No.12) con la secuencia de palabras que permiten: identificar el dispositivo con un código, seleccionarlo o habilitarlo, ordenar el tipo de operación escritura o lectura a realizar. Posteriormente se envían 2 bytes para direccionar la localización interna donde se va a operar, ver Figura No. 12.

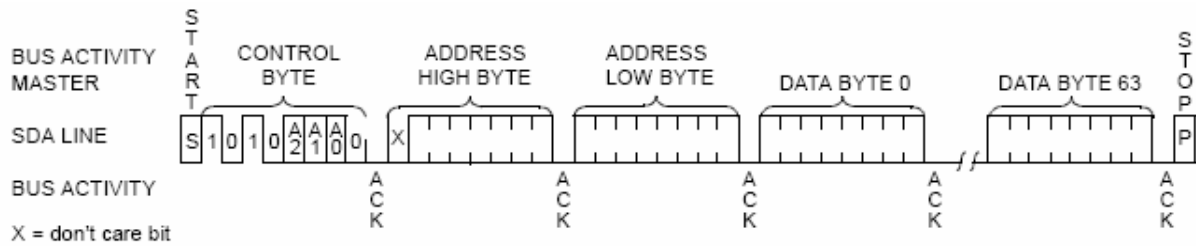


Este dispositivo presenta cuatro modos de trabajo, que se relacionan:

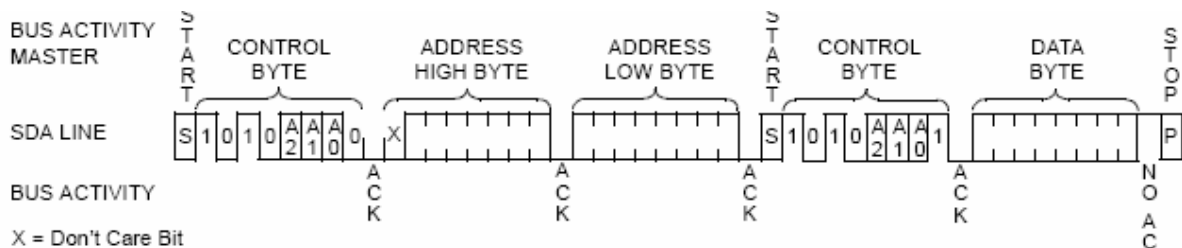
1) La escritura de datos individuales dada una dirección, cuyo protocolo se muestra a continuación en la Figura No. 13:



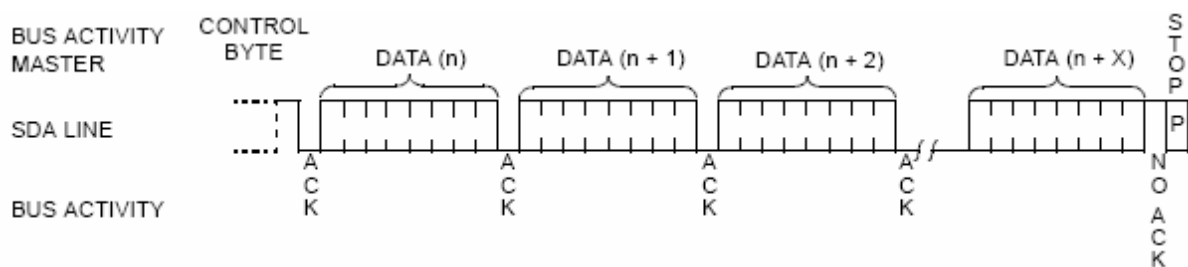
2) La escritura de bloques de 64 datos dada la dirección de inicio del bloque, cuya secuencia se muestra a continuación en la Figura No. 14:



- 3) La lectura del dato almacenado en una dirección dada, según el protocolo de la Figura No. 15:



- 4) La lectura de bloques de 64 datos secuenciales, dada la dirección de inicio y opera según la secuencia siguiente en la Figura No. 16:



Para la operación con este componente es necesario desarrollar rutinas en microprograma PIC par realizar el protocolo de funcionamiento de la memoria y efectuar su programación previa con los valores de cada variable y formar el fichero de inicio (set up) del sistema usando su conexión el propio bus I2C y enviando el código programado desde el PIC con un programa de prueba para la aplicación.

### **1.3.2 Diseño circuital y funcionamiento de la comunicación USB del SAPC.**

La comunicación por puerto USB (Universal Serial Bus) es un estándar de entrada/salida para periféricos de PC que brinda conexiones simples, fáciles, y funciones de plug and play. El puerto USB puede conectar simultáneamente hasta 127 dispositivos periféricos. El periférico es detectado, caracterizado, configurado y

listo para su uso, de forma automática y sin interacción del usuario. El conector USB tiene cuatro hilos, que son: 5 voltios, tierra y dos hilos para los datos. La comunicación por puerto USB es una interfaz para la transmisión serie de datos, desarrollado por empresas líderes en las telecomunicaciones el cual se ha impuesto en el mercado a través de su uso en las computadoras personales y en sus periféricos, y mejora la velocidad con respecto a las interfases serie RS232 y a la paralelo. Este tipo de comunicación tiene las siguientes especificaciones:

**La Especificación USB 1.0** fue publicada en 1996, y establece dos tipos de conexión USB: La de velocidad baja ("**Low speed**") que ofrece 1.5 Mbps y se aplica en periféricos que no requieren un gran ancho de banda y denominada velocidad completa ("**Full speed**") con 12 Mbps para los dispositivos más rápidos. La **Especificación USB 1.1**, de 1998, añade otras precisiones a la norma inicial USB. La **Especificación USB 2.0** que data del 2000; es compatible con las anteriores y permite velocidades de hasta 480 Mbps ("**High speed**") y otros dos rangos de velocidad de transmisión de datos de 1.5 Mbps y de 12 Mbps ídem a los de USB1.0.

En los sistemas de adquisición de datos se emplean las especificaciones internacionales USB 1.0 y USB 2.0 para transmitir los datos, recientemente aparece la especificación USB 3.0 que alcanzar una mayor velocidad de 480 Gbps.

La obtención de la comunicación USB para los SAPC empleando microcontroladores PIC evolucionó de la siguiente forma:

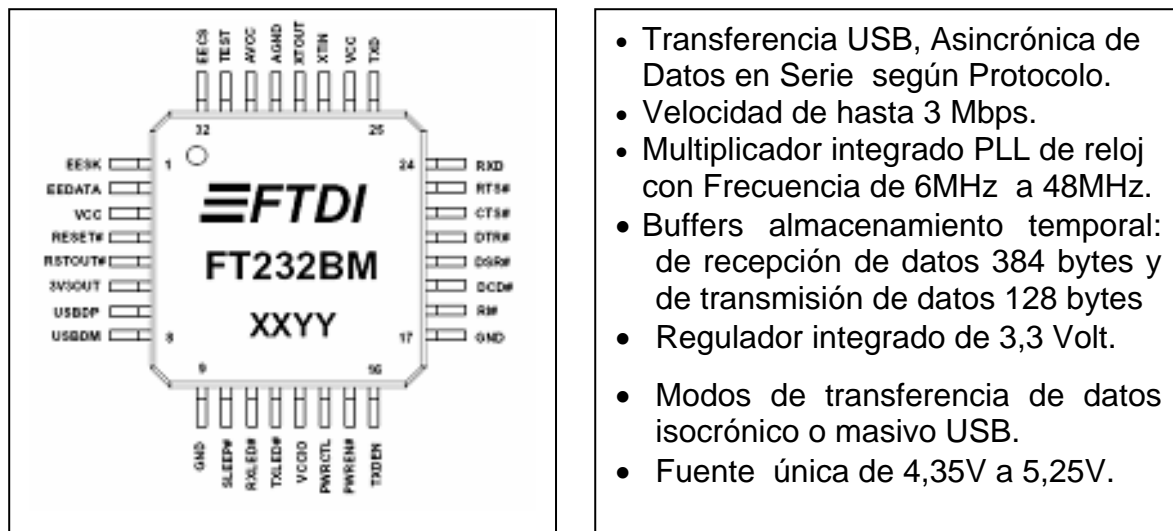
Debido a que la interfaz RS232 es factible de obtener directamente de las líneas de puerto de los microcontroladores PIC18Fxx, se desarrollo una tarjeta electrónica externa obtener la comunicación USB del tipo 1.0 con la PC, basada en el circuito integrado FT232BM, para obtener la comunicación USB 1.0, limitada a la velocidad de transmisión a 3 Mbps. Con el avance en el diseño de microcontroladores PIC se producen en 2002, los microcontroladores PIC16C745 y PIC16F765 que poseen 2 líneas de puerto y otros recursos internos para la comunicación con una PC según norma USB 1.1, con una velocidad de hasta 12 Mbps. A partir de 2005 se dispone de otros Microcontroladores PIC que permiten la comunicación por puerto USB 2.0 estos son: 18F2455, 18F2550, 18F4555 y 18F4550, que permiten altas velocidad,

estos tienen la ventaja de ofrecer un soporte técnico muy valioso para el diseño de SAPC que requieren una comunicación casi instantánea con la PC.

Como solución de hardware para la comunicación del SAPC con la PC por puerto USB seleccionamos la especificación USB2.0, pues aunque no contamos con los PIC que tienen integrada la USB2.0, se desarrolla con la aplicación de un circuito eléctrico basado en el funcionamiento del componente FT232BM, que permite “agregar” un puerto COM virtual a la PC. Su principal característica radica en que es posible “seleccionar” el puerto asociado al puerto USB donde se ha colocado este hardware.

### **El Circuito Integrado FT232BM USB UART (USB-Serial)** [7] [8]

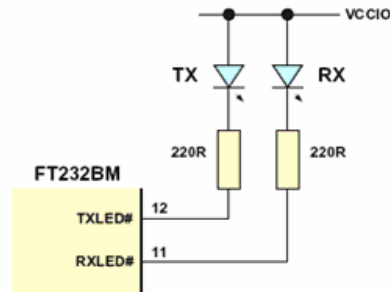
EL FT232BM es un circuito integrado USB UART de la compañía FTDI.



**FIGURA 17:** Encapsulado FT232BM y Características del componente.

Opcionalmente la componente FT232BM emplea una memoria del tipo EEPROM externa denominada 93C46 (o los similares: 93C56 o 93C66) para personalizar la comunicación con la PC empleada, donde se almacenan los siguientes parámetros: USB VID, PID, Número de Serie de la PC, Descripción del Producto y el valor del Descriptor de energía de la FT232BM, entre otros parámetros. La 93C46 opera con una palabra de 6 bits y con una frecuencia de reloj de 6 MHz y un Vcc = 4,35V a 5,25V. Esta EEPROM se programa a través del puerto USB a la PC empleando un software utilitario disponible en la página de Internet de FTDI ([www.ftdichip.com](http://www.ftdichip.com)). Si no se conecta ninguna EEPROM externa, la FT232BM emplea parámetros por

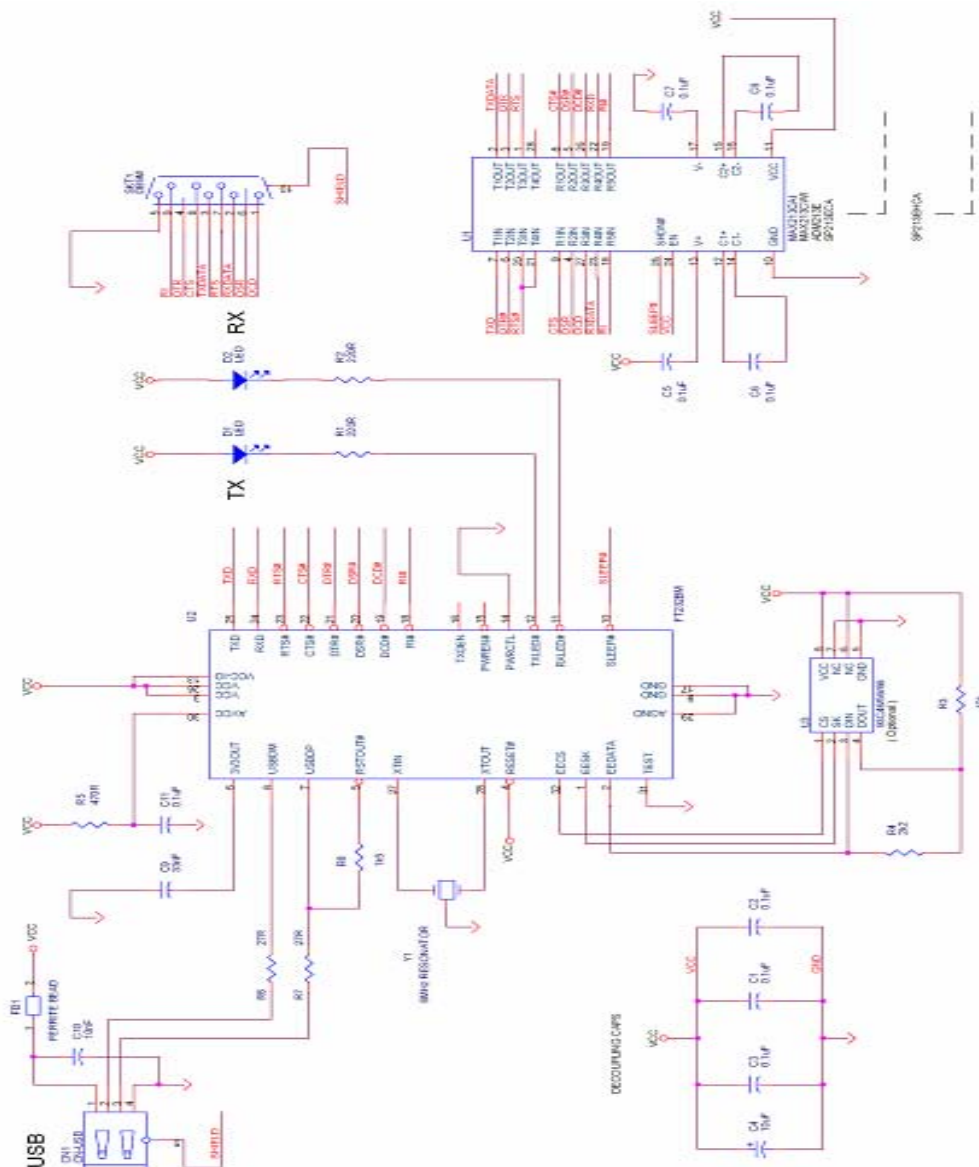
defecto. La FT232BM tiene 2 líneas externas dedicadas a señalizar mediante dos diodos led de distinto color, uno es para indicar que los datos son transmitidos y el otro es para indicar que se reciben los datos.



En la Figura No. 18 se muestra el esquema eléctrico de la conexión del mismo para obtener la comunicación del PIC18F452 con la PC mediante los puertos USB o mediante el puerto serie con protocolo RS232.

La conexión del circuito integrado FT232BM se efectúa mediante dos líneas de conexión que unen las salidas de transmisión y recepción de este integrado (pines 24 y 25) con el PIC18F452 empleando los terminales específicos C6 y C7, con un hardware interno para establecer la comunicación RS232. Además la tarjeta electrónica de comunicación desarrollada permite simultáneamente conectar las líneas de puerto C6 y C7 del PIC18F452 a las líneas 2 y 23 del circuito integrado MAX232 (convertidor de niveles de voltaje) y así la tarjeta electrónica desarrollada ofrece la posibilidad de comunicación con la PC por dos vías: por puerto USB mediante un conector USB estándar y empleando el integrado FT232BM o mediante el puerto serie con el protocolo RS232 con un conector del tipo DB9 estándar y empleando el integrado MAX232. Además se cuenta con las facilidades de software del PIC para establecer las interrupciones: INT\_TBE para la transmisión digital desde el PIC al exterior y la interrupción INT\_RDA para la recepción en el PIC de un paquete digital enviado desde el exterior, en ambos casos según el protocolo de comunicación diseñado con características propias para esta aplicación, lo cual es un aporte técnico y un sello distintivo del producto desarrollado.

Fig. No. 19: Esquema Eléctrico tarjeta de comunicación PIC-PC por RS232 o USB



### 1.3.3 Diseño de soluciones circuitales para la conexión de sensores al SAPC

Se presenta una descripción de cada sensor y el circuito de acondicionamiento de la señal analógica para con el conversor análogo digital del PIC

#### 1.3.3.1 Sensor Magnético.

El sensor esta formado por dos partes: un interruptor magnético y la barra ferromagnética (ver Figura No.20), por el fluye una corriente continua de valor constante del orden de los mA. Cuando ambas partes del sensor están muy

próximas al interruptor esta cerrado, pero si ambas partes se separan a una distancia mayor de 2 mm, el interruptor se abre, Si el sensor se conecta formando parte de un circuito resistivo, su conmutación cambia de valor de la resistencia equivalente y genera valores de voltajes detectables y cambiantes según el estado del interruptor.

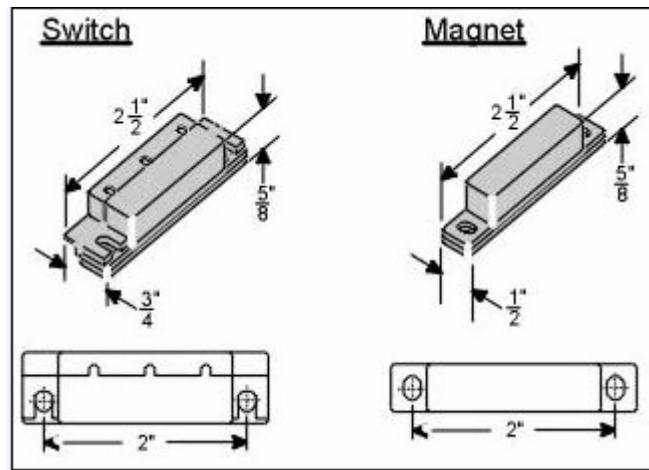


Figura No. 20: Esquema del Sensor magnético

Luego si se coloca el sensor formando parte de un circuito resistivo equivalente, podrán detectarse valores de resistencia diferentes según el estado del sensor, por eso este se aplica juntando sus partes y se coloca en puertas y/o ventanas de una habitación, si alguna de ellas es forzada por un intruso, se separan las partes captándose inmediatamente la violación del acceso físico en puertas y ventanas donde se puede conectar o detectar la apertura de la puerta en cualquier momento. El circuito de acondicionamiento de la señal del sensor se muestra en la Figura No.21 y se presenta una Tabla de la salida de voltaje según el estado del sensor:

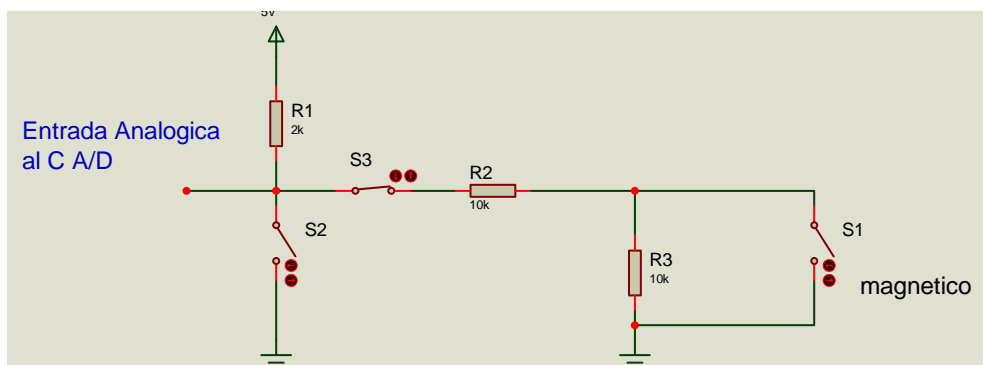




Figura No. 21: Acondicionamiento de la señal del sensor magnético.

Tabla No 6.: Operación con el sensor magnético.

<b>Estado del Sensor Magnético. Define su operación</b>	<b>Resistencia equivalente externa en Ohm</b>	<b>Resistencia equivalente interna en Ohm</b>	<b>Valor del voltaje a la entrada del C A/D PIC</b>
<u>Estado Normal.</u> No hay intruso (S1 y S2 están abiertos y S3 esta cerrado)	1 Kohm	2 KOhm	$V_{cc} / 3 = 1.66V$
<u>Detecta intruso.</u> (S1 es cerrado y los S2 y S3 abiertos)	2 Kohm	2 KOhm	$V_{cc} / 2 = 2.50 V$
<u>Detecta intruso.</u> Debido a que los conductores que conectan el sensor están en Corto Circuito por acción del intruso, S2 es cerrado.	0 Ohm	2 KOhm	Es 0 V
<u>Detecta intruso.</u> Debido a que los conductores que conectan el sensor están en Circuito Abierto por acción del intruso, S3 es abierto.	No mide	2 KOhm	Es $V_{cc} = 5.0 V$

**1.3.3.2 Sensor detector de humo.** Se muestra en la Figura No. 22.



Se emplea un sensor detector de humo de modelo System Sensor 2412B que posee usa el método fotoeléctrico de detección del humo del incendio, genera una señal de voltaje cuando detecta, posee señalización luminosa y puede directamente accionar una alarma sonora.

El sensor se alimenta con 12 Voltios dc y en estado normal consume 120 mA, si acciona la alarma el consumo es de 70 mA. El área de detección del humo es de hasta 80 metros cuadrados pero depende de la altura del techo, el movimiento del flujo del aire y otros parámetros de limpieza del aire. La sensibilidad nominal que capta es del 9% por metro<sup>3</sup> (es el % de humo en aire en pruebas realizadas en una cámara con luz ultravioleta). El tiempo máximo de respuesta típico del sensor es de 40 segundos, además requiere un tiempo inicial de 34 segundos para inicializarse y un tiempo de 3 segundos para volver a su estado inicial después de realizar una

detección. El sensor posee una pantalla externa que debe mantenerse limpia para su óptimo uso y un diodo emisor de luz de color rojo externo que indica en estado intermitente que esta energizado y en estado normal, pero si detecta el humo el indicador se fija en el estado de encendido. Opcionalmente existe un modelo, que posee un sensor de temperatura interno, que cuando este parámetro alcanza el valor de 50°C dispara la alarma de incendio por exceso de temperatura y además tiene la posibilidad de tener un relé externo para dar una señal medible de voltaje de dc si el sensor por rotura, no tiene energía.

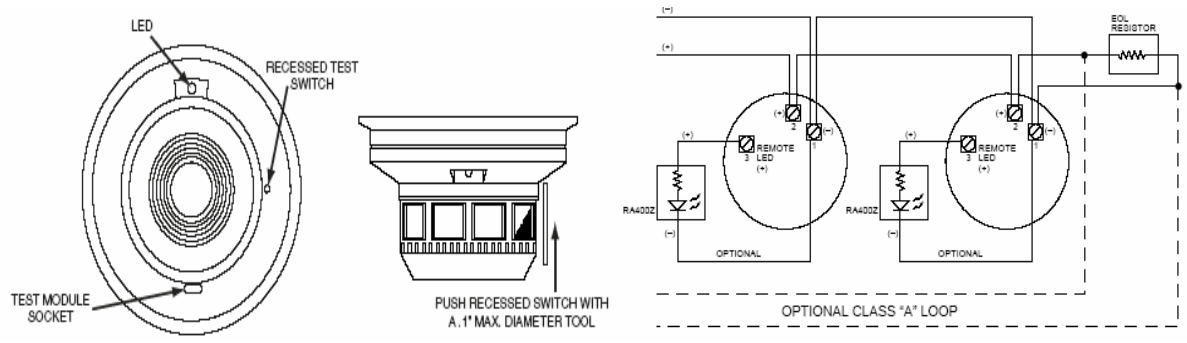


Figura No. 23: Sensor de detección de humo y su circuito de conexión.

El circuito de acondicionamiento de la señal del sensor se muestra en Figura No. 24

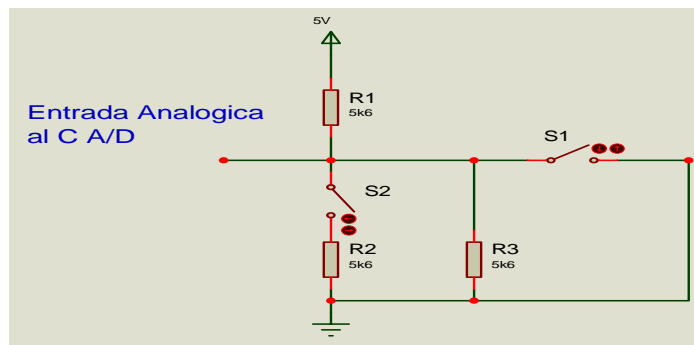


Tabla No. 7: Operación con el detector de humo.

<b>Estado del Sensor Detector de humo. Define su operación</b>	<b>Valor de salida del sensor que se conecta a la entrada del C A/D del microcontrolador PIC</b>
Estado Normal y No detecta	$2.4\text{ V} < V_{in} < 4.0\text{ V}$
Detecta el humo y genera la alarma	$V_{in} \leq 2.3\text{ V}$
Detecta que el sensor no tiene alimentación y ocurrió una rotura.	$V_{in} \geq 4.1\text{ V}$

### **1.3.3.3 Sensor de cambio de movimiento o PIR**

El Sensor empleado es el modelo ADEMCO 996EX/998EX, un sensor del tipo PIR ("Passive Infrared Motion Detector").



Es muy utilizado en la practica, posee el método de operación basado en la detección de los cambios en el patrón luminoso ajustable que genera el PIR mediante un haz de luz infrarroja cuando hay movimiento en su área de captación. Es versátil y fácil de instalar .

Figura No. 25: Sensor PIR.

Se energiza con 12 Voltios y consume 17 mA. La cobertura de captación es: Con lente de ángulo normal de 15x15 metros<sup>2</sup> con ángulo de 90°; con lente de amplio rango de 30x30 metros<sup>2</sup> con igual ángulo y con lente especial de 15x21 metros<sup>2</sup> a ángulo de 100°. La velocidad de detección del movimiento es de 0.15 a 1.5 m/seg. Posee un diodo emisor de luz roja como indicador ON/OFF cuando detecta/no detecta. Ofrece una salida de voltaje de 12V en caso de que detecte el movimiento. El circuito de acondicionamiento de la señal del sensor PIR se muestra en la Figura No. 26. El diodo D1 es un zener de 5V para la protección de la línea de puerto del PIC a la que se conecta. Se emplea un divisor de voltaje para lograr el cambio de nivel de voltaje para tener un voltaje de salida de 5V cuando el sensor PIR detecta el cambio de movimiento.

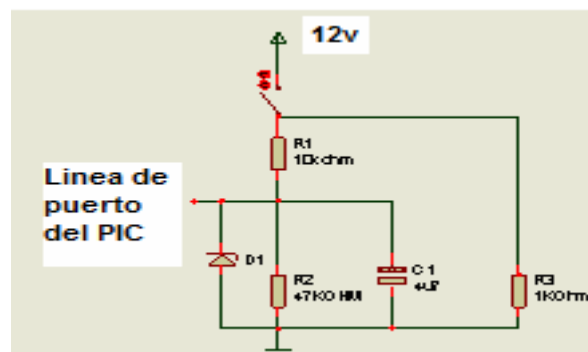


Figura No. 26: El circuito de acondicionamiento de la señal del sensor PIR

#### **1.3.3.4 Módulo de acceso, cierre electrónico y sensor tamper.**

El módulo de acceso se conecta al microcontrolador PIC mediante un conector multivías del tipo Panduit hembra y macho de 16 posiciones, para la conexión se emplea un conductor de 16 vías con apantallamiento para evitar ruidos indeseables, este cable tiene una longitud de hasta 15 metros y une ambas tarjetas electrónicas: la interfaz electrónica PIC y el módulo de acceso.

El módulo de acceso consta de los siguientes elementos y sus conexiones:

- Teclado de 4x3 o de 4x4 matricial abre puertas con teclas numeradas del 0 al 9 y otras teclas funcionales, como se muestra en la Figura No. 27, el mismo cuenta con cubierta metálica resistente para el uso en exteriores y protección antivandalismo. Posee un sensor tamper que es un micro interruptor oculto en su interior, el cual se acciona dando una señal de voltaje de dc medible cuando un intruso destruye el teclado a golpes, esta señal es captada por el microcontrolador PIC y este genera la actuación de la sirena contra intrusos.

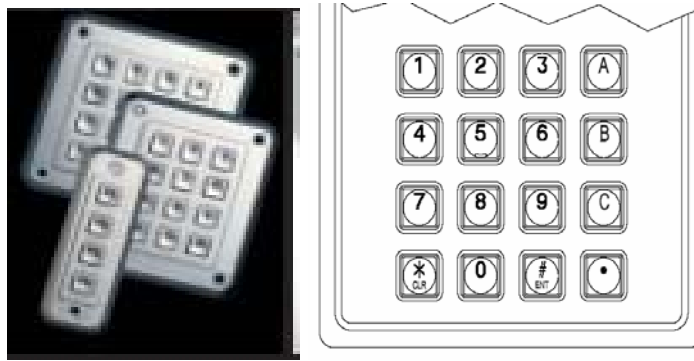


Figura No. 27: Teclado abre puertas del módulo de acceso.

- Posee un conjunto de aditamentos y el cierre electrónico de la puerta del tipo electro magnético, en la Figura No. 28 se muestra un Kit completo con el cierre, la fuente de alimentación de este de 12 V de dc, tornillos, piezas y partes metálicas.



Figura No. 28: Cierre electrónico y otros aditamentos del módulo de acceso.

- También es parte del Módulo de acceso: la sirena contra intruso y un interruptor para accionar el cierre electrónico desde el interior de la zona de trabajo.

La conexión entre la interfaz de la interfaz PIC y el módulo de acceso requiere las siguientes líneas de puerto del microcontrolador PIC:

- De 7 a 8 líneas de puerto para operar el teclado matricial según 4x4 o 4x3.
- Necesita 6 líneas de puerto para conectar:
  1. El zumbador piezoeléctrico del teclado que suena indicando la aceptación del valor tecleado, la aceptación o no de la contraseña de apertura o el bloqueo del teclado.
  2. El led emisor de luz verde del teclado que señala los estados del módulo de acceso: teclado activado, teclado dando apertura, y teclado bloqueado por el intruso, este opera según distintos tipos de modos de intermitencia y mediante su operación fija.
  3. Para el sensor tamper de protección del módulo de acceso
  4. La línea de control de apertura del cierre electrónico, que da la orden de abrir la puerta.
  5. La línea de solicitud a la interfaz electrónica PIC, mediante una tecla, para la apertura de la puerta por interno, denominada interruptor de salida por interno.
  6. La línea de control del accionamiento de la sirena contra intrusos.
- Una línea de conexión al Conversor Análogo/Digital del microcontrolador PIC para conectar el sensor magnético ubicado en las hojas de la puerta principal, y que capta si ocurre o no la apertura real de la puerta por cualquier motivo, ya sea por la entrada autorizada por tecleo de la contraseña en el módulo de acceso, o por solicitud autorizada para realizar salida por interno, o si se trata de un intruso que fuerza la puerta de acceso y penetra al local. Todos estos eventos pueden ocurrir en el módulo de acceso y deben ser discriminados por el programa del microcontrolador PIC y además el microprograma debe realizar la correspondiente actuación de control sobre los equipos

tecnológicos que se protegen ante cada caso de manera diferente según se programa.

El módulo de acceso es atendido por el microprograma almacenado en el microcontrolador PIC designado, y efectúa la captación de la contraseña tecleada en el teclado externo, la comprobación de esta contraseña y debe tomar la decisión sobre la apertura o no de la puerta en todos estos casos, incluyendo el bloqueo del teclado ante intentos fallidos y la operación de la sirena.

#### **1.3.4 Diseño de soluciones circuitales para la conexión de Medidores al SAPC.**

A continuación se presenta el diseño circuital de los medidores electrónicos desarrollados para ser utilizado en conexión con el SAPC desarrollado, estos son

- Medidor de temperatura y humedad relativa
- Medidor de voltaje de las líneas de 110v y 220 v de ac.
- Medidor de voltaje de la batería.

##### **1.3.4.1 Medidor de Temperatura y humedad relativa.**

En este desarrollo se presentan el diseño, la fabricación del prototipo y la evaluación de un equipo medidor combinado de los parámetros ambientales a solicitud de la Tarea Técnica se requiere:

1. Medir e indicar digitalmente la lectura de la temperatura en el rango de 0°C a 40°C, con una exactitud de  $\pm 1^\circ\text{C}$ .
2. Medir e indicar digitalmente la lectura de la Humedad relativa en el rango de 0 a 99 %, con una exactitud de  $\pm 3\%$ .
3. Realizar el control de ambos parámetros en un intervalo de valores pre programados mediante el control del funcionamiento de un equipo Aire acondicionado y de un equipo deshumidificador.
4. Tomar decisiones sobre el control del funcionamiento del equipamiento tecnológico conectado al sistema, ante la ocurrencia de condiciones anormales de los parámetros ambientales captados.
5. Considerar el funcionamiento del medidor desarrollado en un ambiente ruidoso y conectado a una distancia de hasta 30 metros de la interfaz electrónica SAPC.

**Sensores empleados para desarrollar el medidor y descripción del diseño.**

Se decide emplear en el diseño, el sensor de temperatura LM35 de la empresa National Semiconductor y el sensor de humedad relativa HIH4003 de la empresa Honeywell, ambos con salida por voltaje en función del parámetro ambiental captado y diseñar un transmisor termo higrómetro con salida de 4 a 20 mA proporcional a las lecturas de temperatura y humedad relativa en los rangos de medición solicitados. Este transmisor debe poseer el ajuste del cero y de la pendiente lineal de las lecturas mediante potenciómetros multivoltas. Además realizar la conexión de las salidas del Medidor desarrollado con la interfaz electrónica mediante un conductor multivías con apantallamiento. También es necesario desarrollar en la tarjeta de la interfaz electrónica un doble circuito de acondicionamiento de la señal que convierta el valor de la corriente que lleva cada una de las lecturas captadas en valores de voltaje dc, con sus respectivos ajustes de cero y pendiente requeridos mediante potenciómetros. Estos voltajes analógicos de la lectura de la temperatura y de la humedad se convierte cada uno de ellos en palabra digital usando 2 líneas de entrada multiplexadas del C A/D del microcontrolador PIC, el cual posee un rango del Voltaje de entrada de 0 a 5 V y una palabra digital de salida de 10 bits. A continuación se presenta una descripción de las Características de los sensores empleados para medir la temperatura y la humedad relativa:

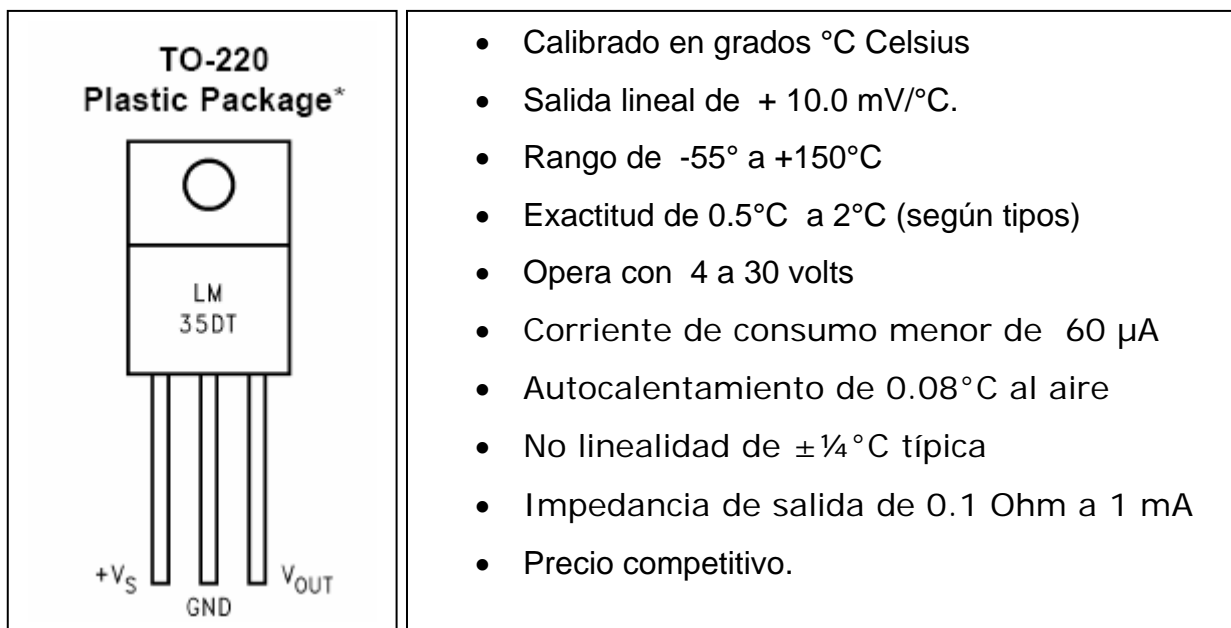


Fig No. 30: Sensor LM35 y sus características técnicas

En la nota de aplicación del uso del sensor LM35 aparece un esquema circuital de fácil construcción para obtener un transmisor de temperatura con salida por corriente, ese circuito se ha empleado adaptándolo a las necesidades del diseño. El sensor de humedad seleccionado es el HIH 4003, presenta tres terminales: Vcc, Salida de Voltaje en función de la HR y Tierra. Se presenta a continuación:

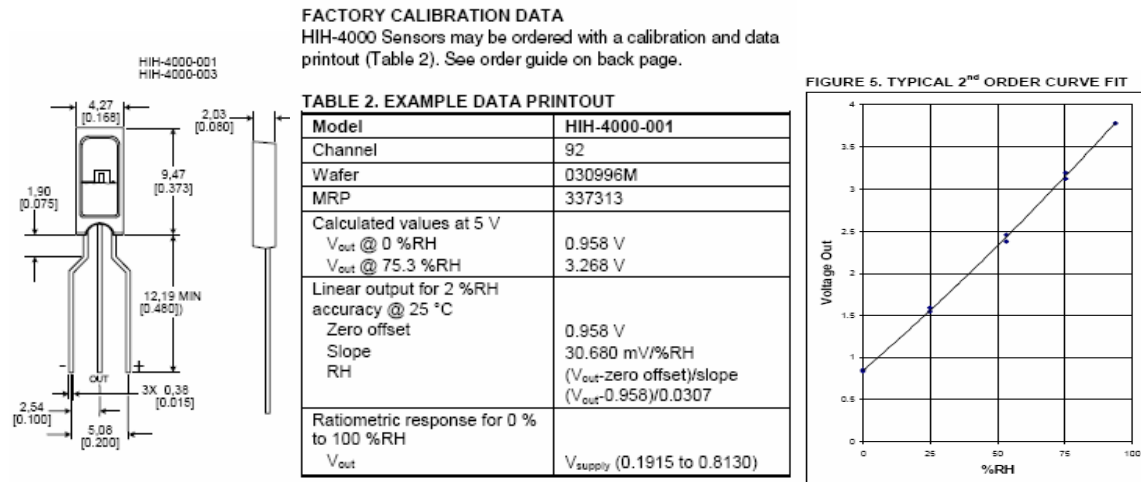


Fig. No. 31: El Sensor HIH4003, datos de calibración y característica Vsalida vs HR.

Las características eléctricas, metrológicas y las especificaciones de trabajo del sensor se muestran en la siguiente tabla No. 8:

## HIH-4000 Series

TABLE 1. PERFORMANCE SPECIFICATIONS (At 5 Vdc supply and 25 °C [77 °F] unless otherwise noted.)  
(%RH performance specifications include test system measurement errors (±0.5 % typical).)

Parameter	Minimum	Typical	Maximum	Unit
Interchangeability (best fit straight line)	—	—	—	—
0 % to 60 %	-5	—	5	%RH
60 % to 100 %	-8	—	8	%RH
Interchangeability (2nd order curve)	—	±3.5	—	%RH
Accuracy <sup>1</sup> (best fit straight line)	—	±3.5	—	%RH
Accuracy (2nd order curve)	—	±2.5	—	%RH
Hysteresis	—	3	—	%RH
Repeatability	—	±0.5	—	%RH
Settling time	—	—	70	ms
Response time (1/e in slow moving air)	—	15	—	s
Stability <sup>2</sup> (@ 50 %RH)	—	±1.2 (per year)	—	%RH
Stability <sup>3</sup> (@ 50 %RH)	—	±0.5 (per year)	—	%RH
Voltage supply	4	—	5.8	Vdc
Current supply	—	—	500	µA
Voltage output (1 <sup>st</sup> order fit)	$V_{out} = V_{ref}(0.0062(\text{sensor RH}) + 0.16)$			
Voltage output (2nd order curve fit)	$V_{out} = 0.00003(\text{sensor RH})^2 + 0.0281(\text{sensor RH}) + 0.820$ , typical @ 25 °C			
Temperature compensation	$V_{out} = (0.0305 + 0.000044T - 0.000011T^2)(\text{Sensor RH}) + (0.9237 - 0.0041T + 0.000040T^2)$ , T=Temperature in °C			
Operating temperature	-40[-40]	See Figure 1.	85[185]	°C[°F]
Operating humidity	0	See Figure 2.	100	%RH
Storage temperature	-40[-40]	—	125[257]	°C[°F]
Storage humidity	See Figure 2.			%RH

**Notes:**

1. For HIH-4000-003 and -004 only.
2. Specification includes testing outside of recommended operating zone.
3. Specification includes testing for recommended operating zone only.



El rango de medición que ofrece el sensor HIH4003 es de 0 a 100%, la exactitud va desde:  $\pm 2.5\%$  a  $\pm 3.5\%$  de HR, según sea el ajuste lineal o cuadrático de su característica y se energiza con 4.0 a 5.8 V dc, todas las características descritas son adecuadas para la aplicación. Para el diseño se ha adquirido un sensor HIH4003 que posee una hoja de calibración del fabricante, muy valiosa para establecer el cálculo de la HR en función del voltaje siguiendo el método del ajuste lineal o de ajuste con un polinomio de grado 2. La gráfica típica de HR vs V de salida del sensor que se muestra en la Figura No.31, a 0% HR el valor del voltaje de salida es de 0.95V y a 100% de HR es de 3.9V. Esta gráfica depende del voltaje de alimentación (5V para esta curva) y de la temperatura de trabajo (27 °C en este caso). En el diseño se realiza el circuito de acondicionamiento de la señal del sensor HIH mediante una secuencia de etapas ajustables y configuradas del circuito amplificador operacional LM324 y la salida final se conecta a la línea de entrada del C A/D del microcontrolador PIC, según el valor digital registrado se procede a realizar el cálculo del valor de HR siguiendo el modelo lineal dado por el fabricante en su nota de calibración. La exactitud de la medición de HR, según el sensor y las soluciones de software, es del  $\pm 2\%$  y el error de la indicación digital de la HR es de  $\pm 1\%$ . A continuación se presenta el Circuito transmisor de las lecturas de la temperatura y humedad relativa.

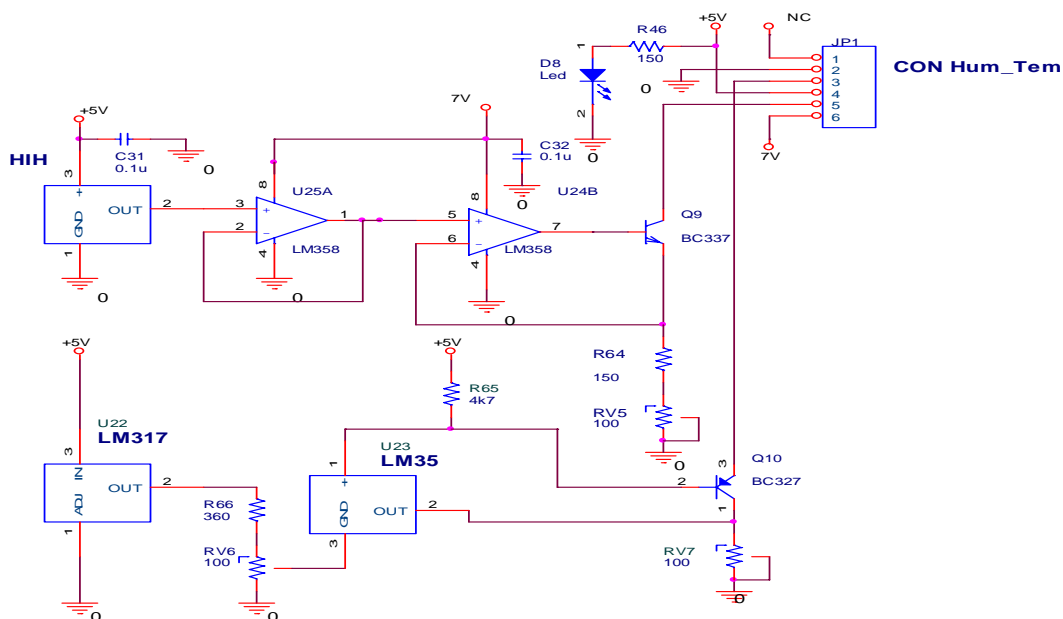


Fig No. 32: Medidor de temperatura y humedad relativa.

En la interfaz electrónica del SAPC se requiere diseñar los circuitos eléctricos para el acondicionamiento de la señales de cada uno de los sensores del medidor de temperatura y humedad relativa previo a su conexión al conversor Análogo Digital del microcontrolador PIC. Este circuito se muestra a continuación en la Figura No.33:

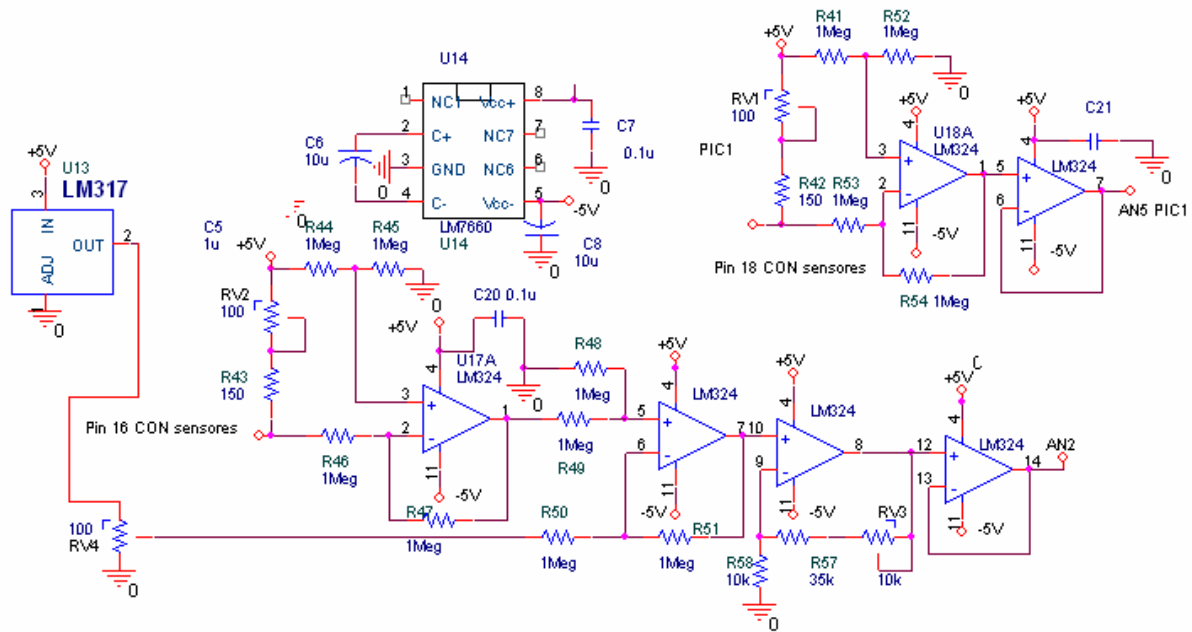


Fig No. 33: Circuito de Acondicionamiento de la señales de los sensores.

Estos circuitos poseen la posibilidad del ajuste del cero y de las pendientes de las lecturas mediante el uso de los potenciómetros multivoltas para efectuar la calibración. La evaluación práctica del medidor cumple satisfactoriamente los requerimientos de diseño solicitados.

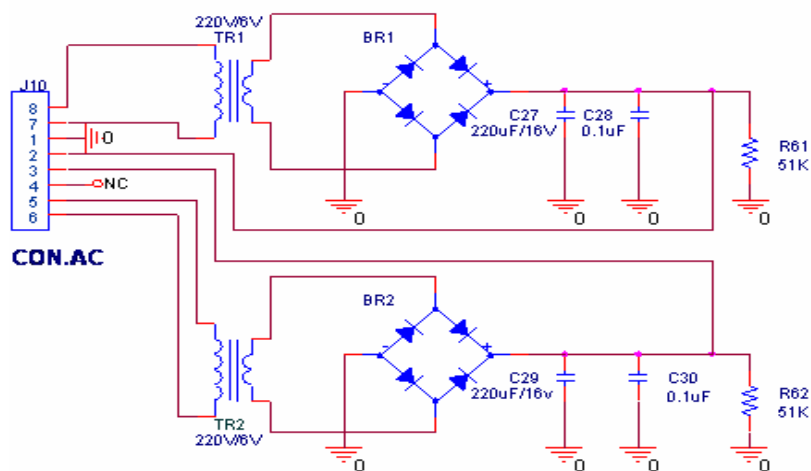
#### **1.3.4.2 Medidor del Voltaje de ac de las líneas de 110 v y 220 v.**

En el desarrollo del SAPC se presenta el diseño, la fabricación y la evaluación de un medidor combinado de los voltajes de las líneas de 110v y 220v de ac, según la solicitud de la Tarea Técnica se requiere:

1. Medir e indicar digitalmente la lectura del voltaje de la línea 110 V de ac en el rango de 0 a 150 V, con una exactitud de  $\pm 3$  V. y Medir e indicar digitalmente la lectura del voltaje de la línea 220 V de ac en el rango de 0 a 250 V, con una exactitud de  $\pm 3$  V.

2. Tomar decisiones sobre el control del funcionamiento del equipamiento tecnológico conectado a estas líneas, ante la ocurrencia de condiciones anormales de los parámetros energéticos captados, cuando estos tienen valores por encima o por debajo del  $\pm 15\%$  del voltaje nominal de la línea y cuando hay apagón total. Además considerar su conexión a una distancia de hasta 3 metros de la interfaz electrónica del SAPC.

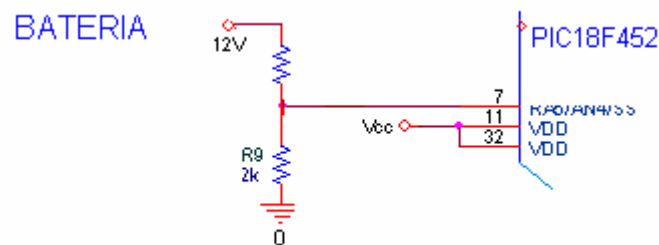
Para cumplimentar esto, se diseña un sencillo, económico y eficiente medidor, que cumple satisfactoriamente las especificaciones de calidad dadas, el cual se basa en la construcción de fuentes de alimentación de dc para establecer una relación o curva característica experimental entre el Voltaje de ac en la línea de entrada y el Voltaje dc a la salida de cada fuente, sensando las líneas de ac con los transformadores eficientes: TR1 de 220Vac a 6Vac y TR2 de 110Vac a 6Vac, y utilizando la rectificación de onda completa de la señal y el acondicionamiento con un filtro electrolítico de 220 microF. Además para la conexión de la salida de las fuentes de voltaje dc a las líneas multiplexadas de entrada del Conversor análogo digital del microcontrolador PIC se emplea un adecuado divisor de voltaje. La palabra digital obtenida en el C A/D que registra la lectura de la salida de cada una de las fuentes de dc, es llevada como dato a una ecuación matemática que efectúa el cálculo en el procesador PIC, y finalmente obtiene el valor del voltaje de entrada de cada línea de ac con una exactitud de  $\pm 1V$ .



**Fig No.34: Circuito del medidor de voltaje de las líneas de ac**

### **1.3.4.3. Medidor del estado de carga de la batería de respaldo energético.**

Para medir el estado de la carga de la batería de 12V del SAPC, se emplea un simple divisor de voltaje de relación resistiva de 1/3 para conectar esta línea a la entrada multiplexada del Conversor análogo digital del microcontrolador PIC y el valor de la palabra digital obtenida con 10 bits proporcional al valor de dc medido es tratado en una ecuación matemática que efectúa el procesador PIC y que obtiene el valor real del voltaje de dc de la batería con una exactitud de  $\pm 0.1V$ , en el rango de medición de 0 a 15 Vdc. En la siguiente Figura No. 35 se presenta el circuito eléctrico del medidor del estado de la carga de la batería.



El resultado de la medición es muy importante para evaluar el estado de la carga de la batería de respaldo energético del sistema, ya que el SAPC avisa con un sonido intermitente del buzzer cuando el estado el voltaje de la batería alcanza menos de 11V y con un sonido continuo cuando se halla en el valor de voltaje de descarga inmediata que se halla programado previamente.

### **1.3.5 Diseño de soluciones circuitales para el control de equipos del SAPC**

Para la conexión del los equipos actuadores a la interfaz electrónica del SAPC se utiliza una cinta multivías con conectores del tipo Panduit en sus extremos y que permiten unir la interfaz electrónica del SAPC con una tarjeta electrónica o bornera de conexión diseñada especialmente para este sistema y que opera y señala el funcionamiento de ocho equipos de control posibles a gobernar por el SAPC. Esta tarjeta electrónica tiene para cada uno de los 8 equipos actuadores un relay que se activa su bobina con 12Vdc y que maneja una corriente de hasta 10A. Además estos relees están protegidos con circuitos para eliminar ruidos transitorios inductivos y

cada uno posee un diodo emisor de luz de color rojo que indica encendido el estado ON o apagado el estado OFF de cada equipo conectado. Los equipos de control de los parámetros ambientales y los equipos tecnológicos que controla el SAPC se conectan a sus respectivos dispositivos conmutadores magnéticos de 110V/35A y de 220V/50A según proceda, y estos contactores magnéticos se operan desde la salida de la tarjeta bornera. También desde esta se gobiernan los breaker o conmutadores de las líneas de alimentación de voltaje de ac de 110v y de 220v presenten en la zona de trabajo, por lo que el sistema puede apagar totalmente todos los equipos conectados en la zona de trabajo o parte de ellos según se decida en su microprograma de control. Estos dispositivos conmutadores, los contactores magnéticos y la tarjeta bornera se hallan en una Pizarra de Distribución General y de Control (PGD), contenidos todos en un gabinete metálico hermético. A continuación el circuito eléctrico de la tarjeta bornera en la Figura No.36.

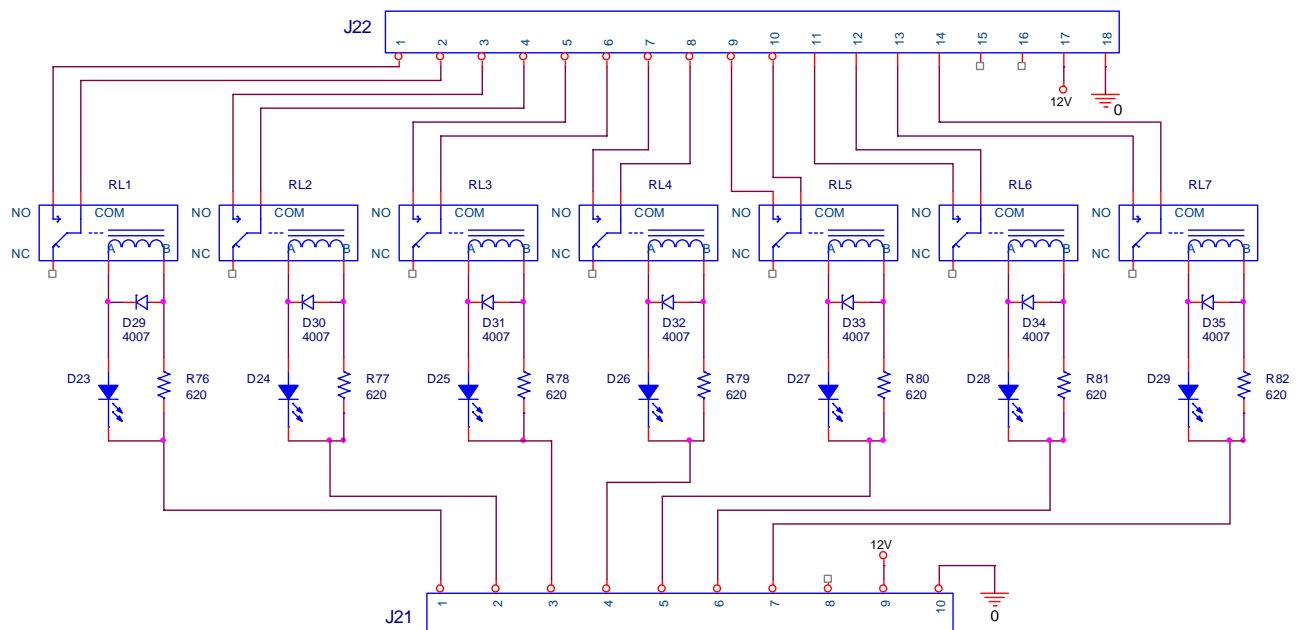


Fig. No. 36: Circuito de la tarjeta de conexión de los equipos actuadores.

La sirena contra intrusos se conecta a la tarjeta bornera y se energiza con 12Vdc y opera aun en condiciones de falla energética de las líneas de ac del sistema, su accionamiento es controlado desde el microprograma de la interfaz electrónica del SAPC.

#### **1.3.5.1 Equipos de control de parámetros ambientales.**

Para el control de los parámetros ambientales se utiliza un aire acondicionado y un equipo deshumificador que se gobiernan desde la interfaz electrónica del SAPC, para lo cual se programa el intervalo de valores de control de cada parámetro y los valores de aviso y de desconexión del equipamiento tecnológico ante la ocurrencias de lecturas de temperatura y de humedad que excedan las cotas establecidas.

#### **1.3.5.2 Equipos Tecnológicos.**

El control de la operación ON/OFF del equipamiento tecnológico conectado en la PGD se realiza desde la interfaz electrónica, protegiendo el funcionamiento de los mismos ante la ocurrencia de eventos catastróficos como son: exceso de temperatura, exceso de humedad relativa, la medición de bajos o altos voltajes en las líneas de ac donde se conectan, la detección de incendio, o ante la presencia de intrusos en la zona de trabajo, detectados por cualquier vía de sensado.

#### **1.3.5.3 Sirena contra intrusos.**

La sirena es la vía de aviso la presencia de intrusos o la ocurrencia de incendios y se gobierna desde la interfaz electrónica y se conecta a la PGD.

#### **1.3.6 Soluciones técnicas para el respaldo energético del SAPC.**

Para el respaldo energético del SAPC se ha construido un equipo electrónico o Módulo de Respaldo que se encuentra ubicado dentro de la PGD y que detecta la ocurrencia del fallo energético de forma automática y conmuta el sistema para el trabajo con las baterías de 12V.

Este equipo es también la fuente de alimentación de dc regulada de la interfaz electrónica y de todos los sensores, medidores y módulos conectados. Además posee protecciones eléctricas mediante fusibles, varistores y conmutadores breaker. Posee señalización lumínica con interruptores con pilotos de luz verde para indicar su funcionamiento correcto. También realiza la carga de las baterías de trabajo durante su actividad en estado normal.

Al ocurrir el fallo energético de las líneas de ac en el lugar que opera el SAPC, este sigue trabajando continuamente, activando su interfaz electrónica y realiza el control

de los sensores, de los medidores, el módulo de acceso, el cierre electrónico de apertura de la puerta y la sirena contra intruso, durante alrededor de 4 horas, aunque pudieran ser mas en dependencia del tipo de batería que se use. Por su puesto los equipos actuadores cesan su operación al no tener voltaje las líneas de ac y además continúa el reporte a la PC hasta que esta se desactive según su UPS. La PC del SAPC posee su propio respaldo energético mediante una UPS de 650VA modelo APC, que da una autonomía de hasta 15 minutos de trabajo, por lo que pueden reportarse a la PC y almacenarse en esta hasta alrededor de de 30 reportes de datos antes del cierre de la PC. A continuación la Figura No. 37 con el circuito eléctrico de parte del módulo de respaldo.

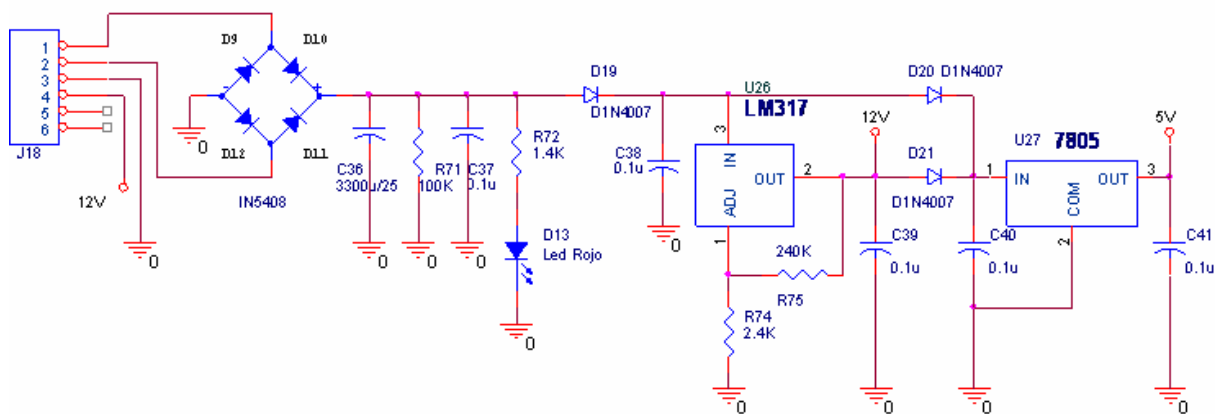


Figura No. 37: Parte del esquema del módulo de respaldo.

#### **1.4.0 Diseño de las soluciones de Software para el SAPC.**

Las soluciones de diseño obtenidas para el desarrollo del SAPC incluyen:

1. Microprograma del Microcontrolador Principal PIC2
2. Microprograma del microcontrolador PIC1 de los sensores
3. Programa residente en la PC para monitorear el SPAC

##### **1.4.1 Microprograma de trabajo para el Microcontrolador PIC1.**

Este microprograma comprende los siguientes funciones:

1. Atención a los sensores y medidores conectados en el Conversor análogo digital y al microcontrolador PIC.

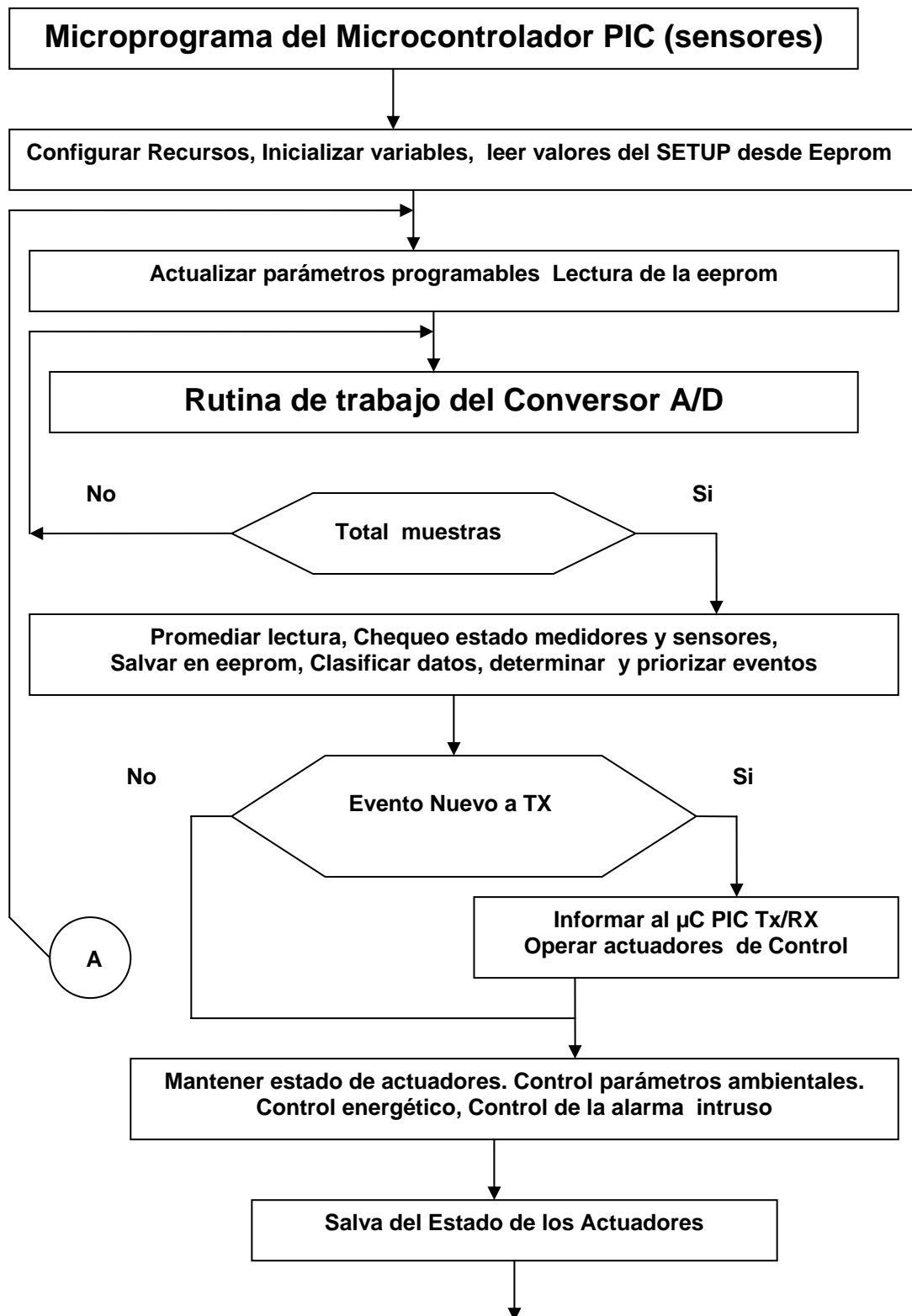
2. Lectura y escritura de datos en la memoria eeprom, incluye: el estado de los sensores, las lecturas de los parámetros que se miden y el estado e los actuadores entre otras informaciones.
3. Atención al módulo de acceso y su operación en la apertura o no de la puerta. Bloqueo del teclado abre puertas.
4. Detección de eventos ocurridos. Clasificación de los eventos. Establecer la prioridad de cada evento.
5. Operación sobre los equipos actuadores según el evento ocurrido.
6. Control de los parámetros ambientales en el rango programado.

#### **1.4.1.1 Diagrama en Bloques de la microprograma.** (Figura No.38).

A continuación se representa este Diagrama, que consta de las funciones:

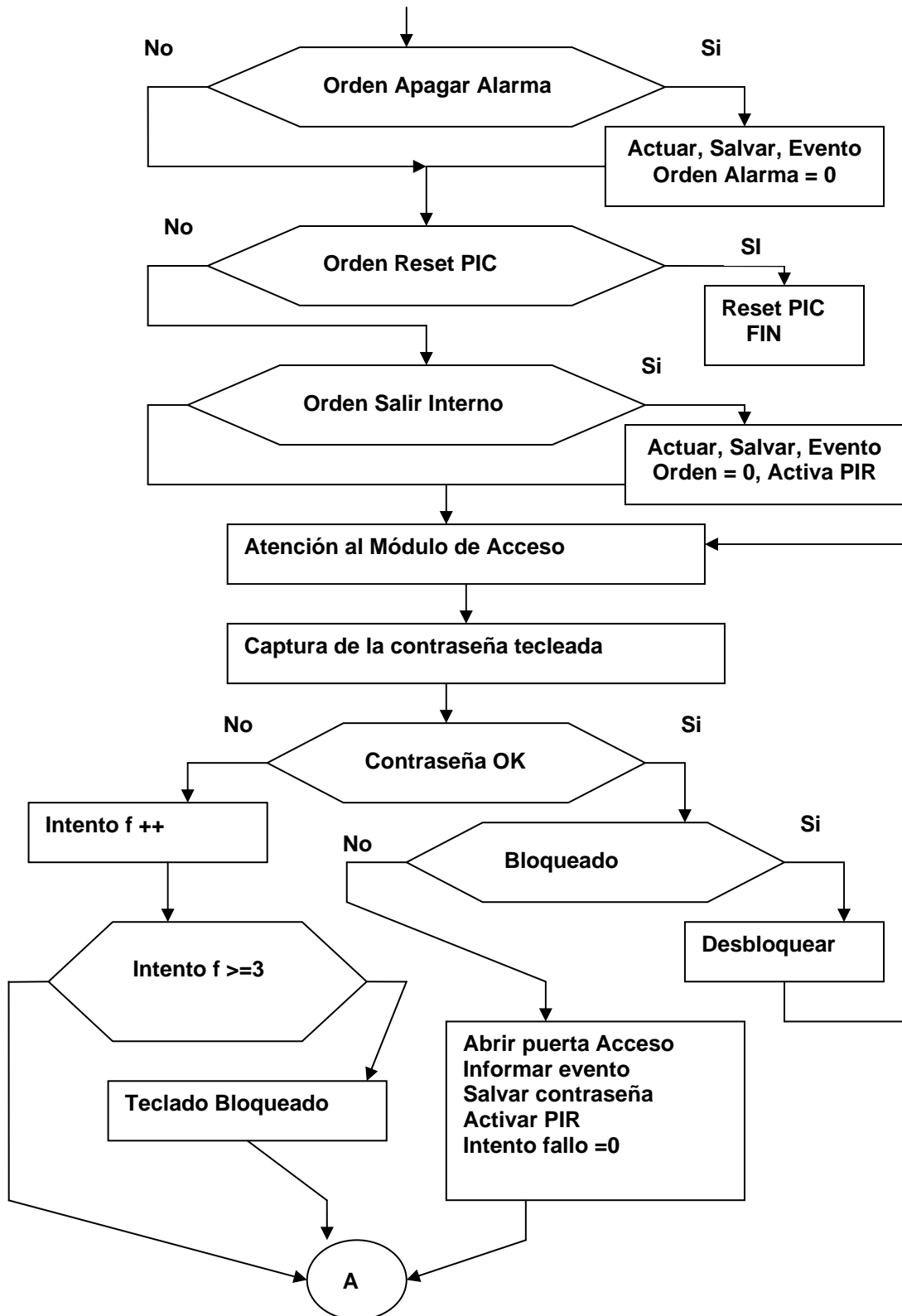
1. Una rutina de inicio que configura los recursos del PIC, los temporizadores y lee en la memoria eeprom los valores iniciales para las variables del sistema.
2. La rutina de trabajo del Conversor análogo digital chequea los 8 canales multiplexados de entrada al mismo, para conocer el estado de los sensores magnéticos (2), el detector de humo, el medidor de temperatura y humedad relativa (2), el medidor de voltaje de las líneas de ac (2) y el medidor del voltaje de la batería de respaldo. Este proceso se realiza 256 veces y se promedian los resultados antes de ofrecer la lectura final del estado de cada uno en el ciclo.
3. También se chequean por encuesta el estado del sensor PIR, del sensor tamper, y las ordenes dadas por teclado para apagar la alarma y dar el reset del equipo.
4. Además se clasifican los eventos según su prioridad y se realiza la actuación sobre los equipos de control, los equipos tecnológicos y la sirena.
5. La atención al módulo de acceso el control de la apertura o no de la puerta se realiza si se detecta que se pulso alguna tecla en el exterior, además se registran y controlan las contraseñas de apertura y se pasa al estado bloqueado ante la ocurrencia de tres intentos no validos.
6. Se tiene comunicación con el PIC1 para informar cualquier evento significativo





---

Continúa en la página siguiente..



#### 1.4.1.2 Rutinas del microprograma: Conversión A/D, Interrupciones y otras.

En la Tabla No.9 se presentan segmentos del código fuente en lenguaje C de este microprograma para la aplicación

Descripción	Segmentos de rutinas del microprograma principal
<b>Programa Principal</b>	<pre> void main() {     Inicio();     While(1){         ChequearAperturaporInterno();         Chequear_puerta();         Chequear_INCENDIO();         if((OrdenApagarAlarma) &amp;&amp; (alarma==1) ){ // ..... }         if(OrdenReset) { //...      reset_cpu();  }         SalvaEstdo Actuadores();         <b>//trabajo del Conversor análogo digital</b>         if (muestrason256==1) {   promed(); <b>//promediar</b>                                 Clasifica(); <b>//clasificar</b>                                 SalvarSensores(); <b>//salvar datos</b>                                 Informar_Evento_a_Pic2();                                 }         Else { conver(); }         Atención Mdulo Accceso()     } <b>//while</b> } <b>//main</b> </pre>

Tabla No. 10: Código fuente de la rutina de trabajo del conversor A/D.

Descripción	Segmentos de rutinas del microprograma del conversor A/D
<b>Rutina de conversión análogo digital</b>	<pre> void conver(void) {restart_wdt(); for(i=magneticov;i&lt;=batpuerta;i++) {     set_adc_channel(i); <b>//el canal</b>     delay_us(10); <b>//holding the signal</b>     loadvalue=read_adc();     if(i==hume){         loadvalue=(((loadvalue-163)*10))/63;     }     resultadc[i]=resultadc[i]+loadvalue; }     if(++mtotal==256 {         med256=1;         mtotal=0;     } } </pre>

En el microprograma se tienen además las rutinas de atención a la interrupciones de los temporizadores Timer0 y al Timer1 y el control del perro guardián.

### 1.4.1.3 Clasificación y prioridad de Eventos. Operación de actuadores.

A continuación se presenta la Tabla No. 11 del código fuente de la rutina de trabajo para hallarlos lecturas de los medidores y el muestreo de los sensores

Descripción	Segmentos de rutinas del programa de clasificar datos sensados
<b>validar el Sensor tamper</b>	void Clasifica(void) { Lectura de valores de control(); ChequearApertura por Interno(); Chequear_puerta(); if(tamper==0) { demora(500); if(tamper==0) { tam=106; <b>//detecta</b> Accionar_Alarma(1); InformarStatus(106); } else tam=100; <b>//no detecta</b> } else tam=100; <b>// no detectado</b> }
<b>Validar el sensor PIR</b>	if(senpir==0){ demora(50); if(senpir==0){ SPI=46; <b>//detecta</b> Accionar_Alarma(1); InformarStatus(46); } else SPI=40; } else SPI=40;
<b>validar sensor magnético</b>	if(salretadc[magneticov]>800) caso=0; <b>//open circuit</b> else if(salretadc[magneticov]<=100) caso=1; <b>//corto circuito</b> else if((salretadc[magneticov]>=450) && (salretadc[magneticov]<=800)) caso=2; <b>//intruso</b> else if((salretadc[magneticov]>100) && (salretadc[magneticov]<450)) caso=3; <b>//normal</b>
<b>Medir la temperatura</b>	Ot: if salretadc[tem]>=10) { salretadc[tem]= salretadc[tem] - 10; TempLectura++; goto Ot; } else if (salretadc[tem]>4) TempLectura++; Control ambientalTemp();
<b>Valida el sensor de humo</b>	if( salretadc[humo]<=450) caso=0; <b>//detecta humo</b> else if((salretadc[humo]>450) && (salretadc[humo]<=900)) caso=1; <b>//normal ok</b> else if(salretadc[humo]>900) caso=2; <b>//no vcc en sensor</b>
<b>Medir el voltaje de batería</b>	LBP=(salretadc[batpuerta]*30)/200; if(LBP>112) caso=0; <b>//bat cargada 11.2v</b> if((LBP>99) && (LBP<=112)) caso=1; <b>//bat limite 9.9v</b> if(LBP<=99) caso=2; <b>//bat descargada</b>
<b>Medir la humedad relativa</b>	HRLectura = salretadc[hume]; Control ambientalHR();
<b>Medir el voltaje Ac de las líneas de 110v y 220v</b>	AC1= (salretadc[ac110]*40)/215 +12; if(ac1<40){ apagon=1;}; if(ac1<95) caso=0; <b>//acc110 baja 98v</b> if((ac1>=95) && (ac1<=135)) caso=1; <b>//acc110 normal de 98 a 122v</b> if(ac1>135) caso=2; <b>//acc110 alto, mas de 122v</b>  AC2= (salretadc[ac220]*29)/132 +44 if(ac2<50){ apagon=1;}; if(ac2<195) caso=0; <b>//ac220 baja para 198v//732,920</b> if((ac2>=195) && (ac2<=242)) caso=1; <b>//ac220 normal de 198 a 242V</b> if(ac2>242) caso=2; <b>//acc110 alto mas de 242v</b>

Una vez que se tiene el valor de las lecturas de los medidores y del estado de cada sensor. Se procede a salvar el dato en la eeprom si existe algún cambio con respecto a los últimos valores reportados en el ciclo de detección anterior al actual. Posteriormente se clasifican los eventos que hayan ocurrido según sus prioridades asignada por los grupos que se reflejan en la siguiente Tabla No. 12, mediante una Rutina al efecto y se procede actuar sobre los equipos de control ambiental, los equipos tecnológicos y la sirena. Posteriormente se comunica el nuevo evento al microcontrolador PIC2 para su reporte a la PC mediante la comunicación USB

**Tabla No. 12: Clasificación de Eventos que el SAPC detecta, controla e informa PC.**

Prioridad	EVENTOS DETECTADOS por el sistema	EG	Si	ET	DH	Ac
<b>incendio</b>	<b>Detecta incendio el sensor de humo</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Intrusos</b>	<b>Incluye la detección de: el sensor PIR, los sensores magnéticos, el sensor Tamper, el Bloqueo del módulo de acceso y la detección combinada de ellos</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>x</b>	<b>x</b>
<b>Falla del Voltaje A</b>	<b>La línea 110 Vac esta con un nivel bajo o alto. Ídem para la línea de 220 V ac Las líneas de Ac están en apagón general</b>	<b>0</b>	<b>X</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Falla ambiental</b>	<b>Lectura Temp. excede valor permisible Lectura HR excede valor permisible</b>	<b>0</b>	<b>X</b>	<b>0</b>	<b>x/1</b>	<b>1/x</b>
<b>Abrir la puerta</b>	<b>Apertura autorizada de la puerta por teclado con Contraseña o por interno</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>
<b>Avisos de Roturas</b>	<b>El Sensor detección de humo no tiene VCC Bateria de la puerta carga en el valor límite Bateria de la puerta descargada. Lectura Temp. excede Temperatura de aviso Lectura HR excede HR de aviso</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>
<b>Normal</b>	<b>Condiciones normales de los parámetros.</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>x</b>	<b>x</b>
<b>Informar a PC</b>	<b>Apagar la sirena por teclado interfaz PIC Se Programa desde el teclado de la Interfaz Se Programa desde el teclado de la PC Se Programación desde la PC de forma automática para la corrección de errores</b>	<b>x</b>	<b>0</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>

**Leyenda: 1 es conectado, 0 es no conectado y X es que mantiene su estado anterior.**

Para realizar estas funciones se generan las siguientes rutinas en el microprograma:

**Tabla No.13: Rutinas del microprograma.**

void init_ext_eeprom( void );	void write_ext_eeprom_ini( unsigned int dir);
void write_ext_eeprom_fin (void);	void read_ext_eeprom_ini( unsigned int dir );
static long int tempo, td1,td2,TDemora;	void Permiso_Acceso_BusI2C(void);
int Leer1Val(unsigned int dirLEER);	void SalvarDat1(unsigned long int SdirINI, int Dsalvado);
void Liberar_BUSI2C(void);	void IniEquipoControl(void); void ControlAct(int Actuadores);
void Accionar_AireAC(int accionAC);	void Accionar_Alarma(int accionA);
void Accionar_ET(int accionTX);	void Accionar_LEG(int accionLEG); void Informar_Evento_a_Pic2(void);
void InformarStatus(int EventDetect,	static void Adquisicion_control_pic1(int ever);

#### **1.4.1.4 Atención al Módulo de acceso.**

Para realizar esta función se generan las siguientes rutinas en el microprograma:

```
void ChequearAperturaporInterno(void); void Teclado();void Chequear_mag_puerta(void);  
void Chequear_puerta(void); void opendoor(void); void Chequear_mag_puerta_antes_teclado (void);  
void readpic2pws(); void rotaMatriz(); void pila_validos(); void SonidoBloqueo(void);  
void Opendoor(); void Informar_Evento_a_Pic2(void); void Demora(long int ídem);
```

Lo cual permite atender el teclado del módulo del acceso, captar la contraseña, comprobarla, decidir la apertura, y bloquear el módulo en caso de 3 intentos fallidos.

#### **1.4.2 Microprograma de trabajo para el Microcontrolador PIC2.**

El Microprograma del PIC2 realiza las siguientes funciones:

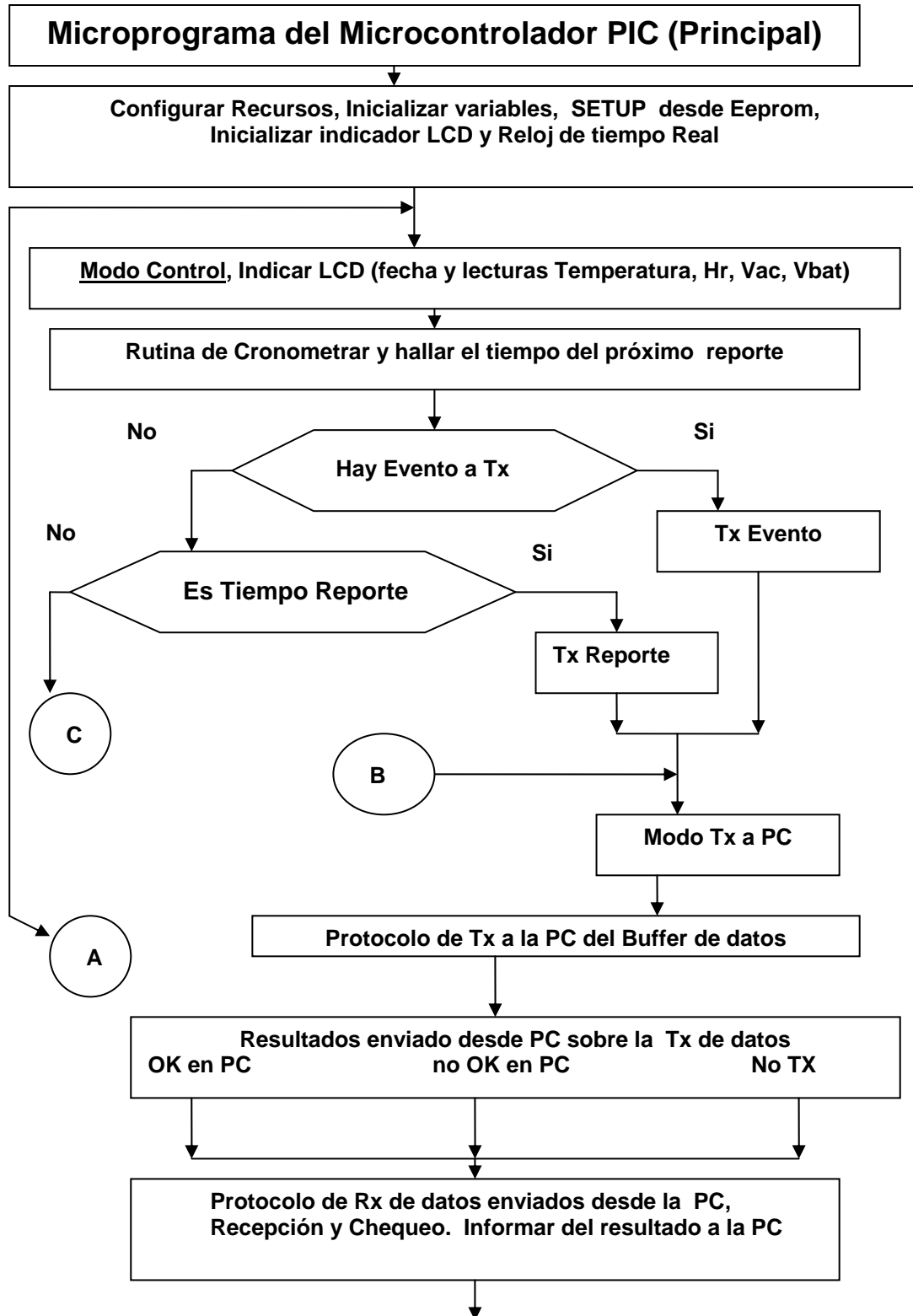
- Control del indicador LCD, visualizar datos y mensajes.
- Transmisión de los buffer de 32 bytes desde la interfaz PIC al a PC.
- Recepción de un buffer en la interfaz PIC en el modo programación desde PC.
- Controlar el uso el bus I2C donde se hallan conectados la memoria eeprom 24LC256 y el componente DS1307 que es el reloj de tiempo real sin que ocurran colisiones durante las operaciones de lectura y escritura.
- Conectar o no el buzzer de la interfaz PIC.
- Atención al teclado de la interfaz PIC en los regimenes de trabajo antes descritos.

A continuación se presenta el diagrama de bloques del microprograma del PIC2 el cual permite ejecutar los diferentes modos de trabajo del SAPC. Para ello se desarrollan un conjunto de funciones para detectar el uso del teclado, controlar el indicador alfanumérico del tipo LCD de 16caracteres x 2 filas mediante el modo de 8 bits, realizar la escritura y la lectura de los componentes conectados al bus I2C que son: una memoria eeprom 24LC256, el reloj de tiempo real DS1307 y el PIC1. Además se desarrollan las rutinas de trabajo para establecer el protocolo de comunicación entre la interfaz PIC y la PC, en ambas dicciones. También las rutinas para dar la funcionalidad operativa al teclado de la interfaz en todos sus regimenes de trabajo, así como las rutinas de atención a las interrupciones. La estructura del Programa principal es un bucle iterativo, se ilustra en Tabla No. 14:

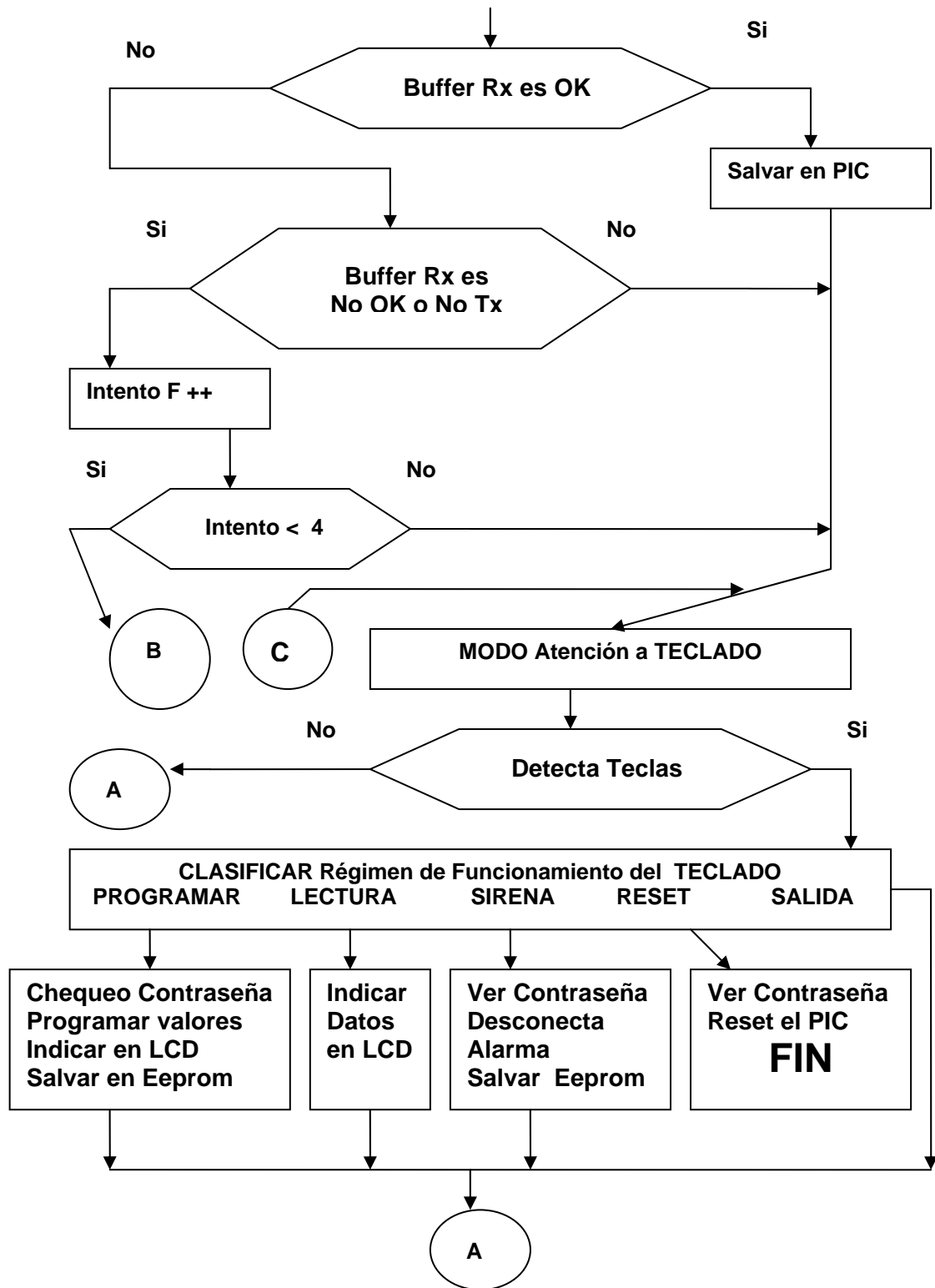
Tabla No.14: Tipo de Programa principal

```
void main() {  
    Inicio();  
    Do { //aqui va el programa principal  
    } While (1)
```

1.4.2.1 Diagrama en Bloques del microprograma PIC2. (Figura No. 39)



Continúa en la página siguiente...



El programa del microcontrolador PIC, comienza con la rutina de inicio Inicio(); para configurar los recursos del PIC y para inicializar estos: Temporizadores 0 y 1, Perro Guardián WDT, Memoria EEPROM, Reloj de tiempo real, indicador LCD, Bus I2C,



Comunicación USB, puertos A,B,C y D, definir y habilitar las interrupciones, incluir ficheros de librerías PIC, realizar la lectura del Setup del PIC2 en la memoria eeprom con 180 parámetros y inicializar constantes, punteros y otras estructuras de datos.

Tabla No. 15: Segmentos de código fuente

Rutina de inicio	ilustración con secciones del código del programa
<p>Configurar puertos, temporizadores, Configurar interrupciones Configurar WDT Configurar LCD y poner mensaje de inicio Configurar I2C, Lectura del Setup PIC2 con en la eeprom Mostrar en el LCD la fecha y la hora y cronometrar para hallar el tiempo donde se planifica ocurra el primer reporte o enviar a la PC por muestreo. Mostrar los parámetros ambientales.</p>	<pre>//rutina de inicio static void Inicio(){     setup_adc_ports(NO_ANALOGS);     setup_adc(ADC_OFF); output_high(led);     setup_wdt(WDT_ON); output_low(BUZZER);     setup_timer_0(RTCC_INTERNAL);     setup_timer_1(T1_INTERNAL T1_DIV_BY_8);     enable_interrupts(INT_TIMER1);     enable_interrupts(GLOBAL);     set_tris_b(0x00);set_tris_e(0x00);     set_tris_d(0x00); restart_wdt();     lcd_init(); //inicio del LCD //lectura del setup en la eeprom     pos(1); printf(tolcd,"LECTURA SETUP ");     pos(20); printf(tolcd,"ESPERE..... ");     init_ext_eeprom(); //inicio del bus i2c     SetupPIC2();//lectura parámetros     Mostrar_Cal_Fecha();     Mostrar_Calend_Tiempo();     Cronometrar();     MostrarTempHR();     portd=0xF0; }</pre>

El programa prosigue con un bucle iterativo de las siguientes acciones consecutivas:

Tabla No. 16: Segmentos de código fuente

<p><b>Modo control</b> Rutina para resetear</p> <p>Leer en el bus i2c la fecha y la hora y mostrar en el LCD , Mostrar lecturas de temperatura y HR</p> <p>Chequea si ocurrió un evento en PIC1 para TX a PC urgente</p> <p>Chequeo del tiempo Real para TX a PC por muestreo</p>	<pre>do{ //rutina para resetear por teclas ambos PIC if(re==1) { EsperaReset(); reset_cpu(); } //Lectura, chequeo parámetros Temperatura y HR // indicación de tiempo y fecha y de temperatura y HR     Mostrar_Cal_Fecha();     Mostrar_Calend_Tiempo();     MostrarTempHR(); //::: detección de eventos ocurridos en Pic1     Buscar_Eventos(); If (HayEvento==1) Procesar_Evento(); //prepara tX     enable_interrupts(GLOBAL);     if(TXEvento==1) goto ini; //salta transmitir //no hallo eventos de pic1 y continúa //aquí va la encuesta por tiempo de reporte pos(17);printf(tolcd,"TiempoREP=%u",MinStop); pos(29);printf(tolcd,":%u",SegStop); If((MinTReal!=MinTRealAntes)   (SegTReal!=SegTRealAntes) ) { MinTRealAntes=MinTReal;SegTRealAntes=SegTReal; } //TX a PC debido a: Eventos O Muestreo Continúa con el Protocolo de comunicación para Transmitir datos de la interfaz a la PC y para Recepcionar en la interfaz los datos que envía la PC y finaliza con la Rutina de atención al teclado de la interfaz PIC. }while(1)</pre>
---	--

#### **1.4.2.2 Rutinas del microprograma: Atención a LCD y al Reloj de tiempo real.**

Estas rutinas se generan a partir de la biblioteca de ficheros Drivers que para estos componentes ofrece gratuitamente la firma Microchip, pero se modifican en sus códigos fuentes según nuestras condiciones de hardware, para obtenerlas acciones de: Inicializar y escribir en el indicador LCD. Para el circuito DS1307 se logra su inicialización, la programación de la fecha y la hora,, la lectura y conversión según el formato del tipo de dato en código BCD para cada parámetro que ofrece el circuito del reloj de tiempo real, de igual forma se procede con el protocolo de escritura y lectura de datos aleatorios y en bloques secuenciales de datos que se genera para el trabajo con la memoria eeprom 24LC256 y se crea una rutina para evitar las colisiones entre los paquetes de datos que circulan por el bus i2c con diferentes destinos:

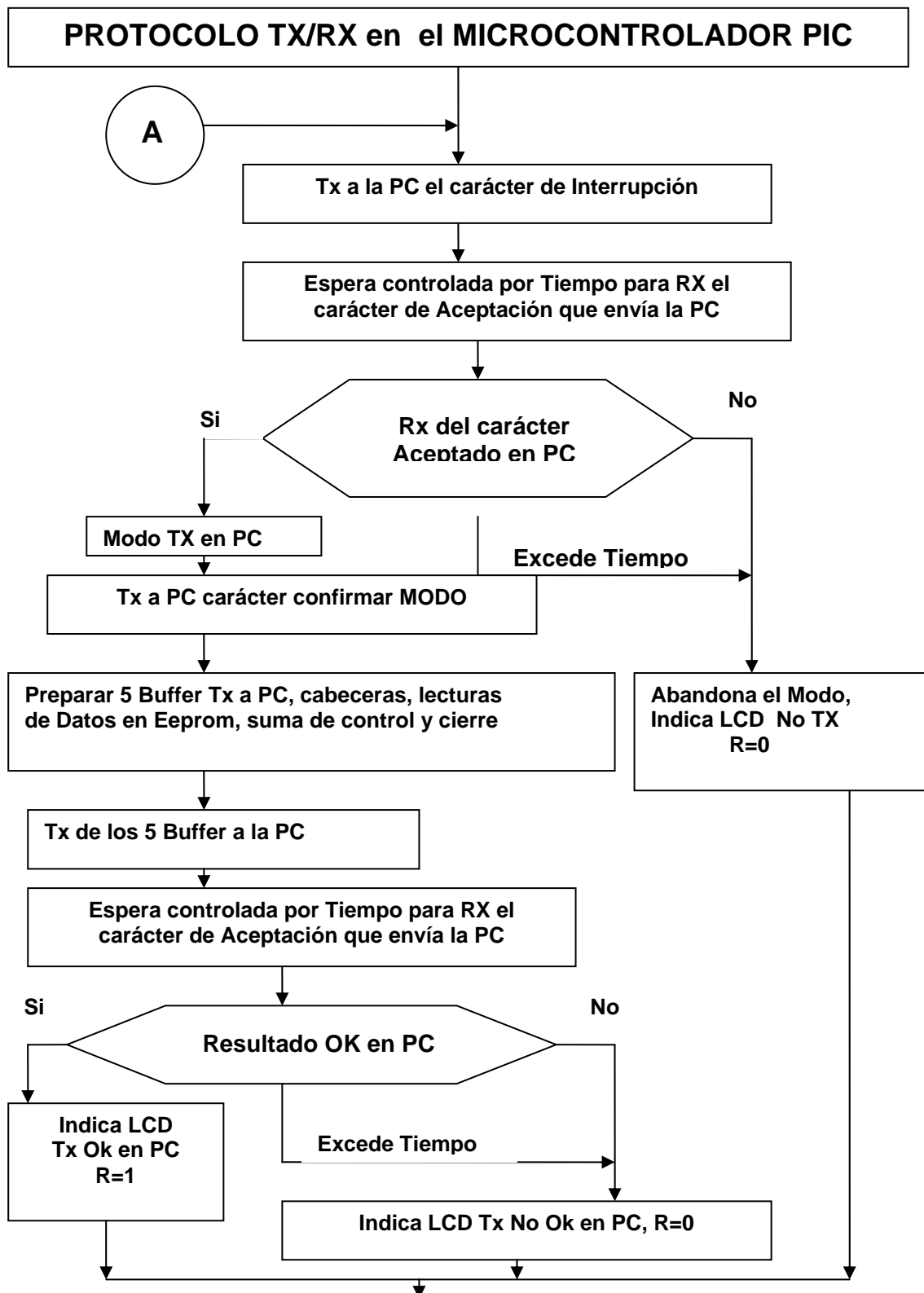
#### **1.4.2.3 Protocolo de Comunicación: Transmisión de datos a la PC** (Fig. No. 40).

Se presenta el Diagrama en Bloques del Protocolo de Comunicación entre la interfaz y la PC para transmitir datos en el Modo Tx y en el modo Rx. El protocolo consiste en el intercambio de señales entre ambos procesadores para la realización de la comunicación de la interfaz PIC con la PC y el mismo constituye un diseño personalizado que da soberanía tecnológica al sistema.

Para el desarrollo del Protocolo se programan acciones secuenciales, combinadas y lógicas en el programa principal del microcontrolador PIC2 y también se desarrollan las rutinas de interrupción para la Recepción y la Transmisión en el PIC. Además se configura la comunicación por puerto USB a través del componente FT232 y su conexión externa. Todas las acciones están coordinadas con un programa residente en la PC elaborado para controlar la comunicación.

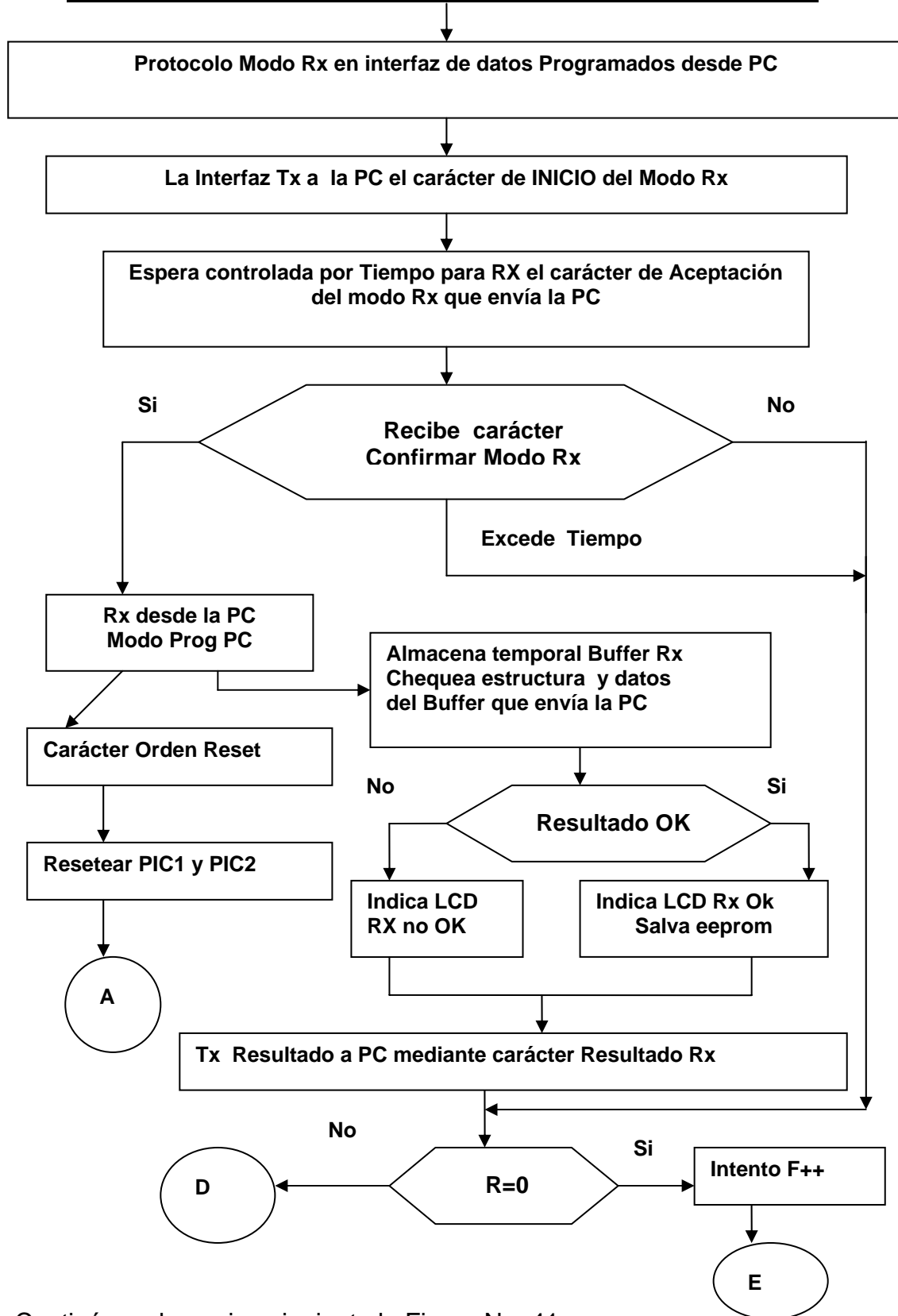
En el protocolo existen las siguientes señales básicas que se intercambian:

- 1) Carácter de interrupción del modo de comunicación que va del PIC a la PC.
- 2) Carácter de Aceptación del modo de comunicación.
- 3) Envío del paquete de datos según el modo Tx o Rx en ambas direcciones.
- 4) Recepción, chequeo de errores y evaluación del paquete recibido, respuesta enviando el carácter que califica el proceso como correcto o incorrecto.

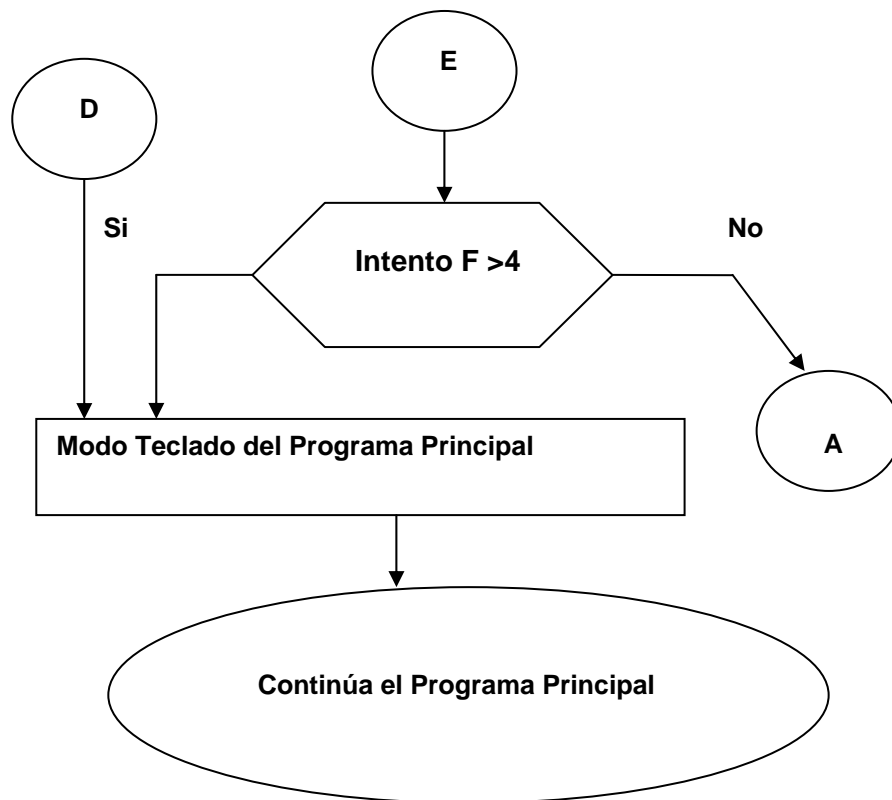


La estructura denominada: **ciclo de espera controlado por tiempo** se realiza en programación C con bucle del tipo **do\_ while.**, del cual se sale al exceder el tiempo o debido que una variable cambia de valor durante el tiempo de espera.

#### 1.4.2.4 Protocolo de Comunicación: Recepción de datos desde la PC.



Continúa en la pagina siguiente la Figura No. 41



El chequeo de errores se realiza en ambos procesadores: en el microprograma PIC y en la PC, donde se comprueban los códigos de cabecera y cierre de los paquetes de datos (buffer). Además se realiza la suma de control CheckSum y se valida el rango de valores que debe tomar cada dato individualmente dentro del paquete del buffer de Tx y del buffer de Rx, esta se muestra a continuación en Tabla No. 17:

```

Void CHKSUM() // chequeo de los 32bytes por Checksum
{
    s0=0;
    pBuffer=&bufer1[2];
    punt_final=pBuffer + 24;
    while(pBuffer <= punt_final)
    {
        s0= s0 +*pBuffer;
        pBuffer++;
    }
    if( s0 > 255) {bufer1[27]= s0 ; //low
                  bufer1[28]= s0>>8;    //high
    }
    else{ bufer1[27]= s0 ; //low
          bufer1[28]= 0;    //high
    }
}

void rs_tx() //rutina de transmisión a la PC de un buffer de 32 bytes
{
    pBuffer=&bufer1[0]; punt_final=pBuffer + 32;
    while(pBuffer < punt_final)
    {
        com_an=*pBuffer; putc(com_an); pBuffer++;
    }
}
    
```

A continuación se muestra un segmento del código de la rutina de atención a la interrupción para la recepción en el protocolo en Tabla No. 18.

<b>Secciones de la Rutina de interrupción int_rda y otros comentarios.</b>
<pre> int_rda // interrupción de Rx es por línea de Hardware void serial_isr() { //Recepción del carácter de aceptado de la TX if((modo_TX==1) &amp;&amp; (OrdTX==1)){     InpChar = getc();     if(InpChar==45){ TxAceptadaPC=1; }     else TxAceptadaPC=0; } //Recepción carácter que envía la PC evaluando el buffer OK o No en PC. if((modo_TX==1) &amp;&amp; (Tx_buffer_cab==1)){     InpChar = getc();     if(InpChar==239){ //es bueno         Demora(100); TxBCabAceptadaPC=1; }     else if InpChar==240{ Demora(100);         TxBCabAceptadaPC=2;     } } if((modo_TX==0) &amp;&amp; (Modo_Rx==0)){     buffer[0]=getc(); //lee el carácter que envía la PC con getc() y salva en buffer(0) y si es el valor //adecuado entra en el modo RX y avisa al programa principal que la PC va a enviar //el paquete de recepción if (buffer[0]==Rx_Ord){ //es un 60     Modo_Rx=1; Modo_Tx=0; goto RXout; } } //sección del código donde realiza la RX desde la PC de los datos if((Modo_RX==1)&amp;&amp;(Modo_TX==0)&amp;&amp;(iniRX==1)){     if (t_next_in==57 t_next_in=0;) //se reciben 57 bytes,...     if (t_next_in!=57){         InpChar = getc();//recibe cada byte del paquete         if(InpChar&lt;0)t_buffer[t_next_in]=128 + (255 - ( abs(~(t_buffer[t_next_in]))+ 128)); //salva lo recibido en un buffer         else t_buffer[t_next_in] = InpChar;         t_next_in=(t_next_in+1) % 57; //chequea que concluye el paquete recepcionado con el código de cierre         if (InpChar == 120){             ContbyteRX++;             if (ContbyteRX == 4){ RxAceptadaPIC=1;                 ContbyteRX =0;                 CHSRX(); //chequea el paquete recepcionado                 goto Rxout;             }         }         else RxAceptadaPIC=0;     } } }  Rxout:i=0; } </pre>

### **1.4.3 Programa SAETA residente en la PC para el monitoreo del SAPC.**

#### **a) Descripción del Programa fuente desarrollado. Funciones**

El programa se desarrolla y pone a punto empleando la herramienta Windows CVI 7.1 con el objetivo de monitorear el funcionamiento del SAPC. El mismo consta de las siguientes acciones:

1. Configurar el No. del puerto USB de la PC para establecer la comunicación con la interfaz, según un protocolo de comunicación personalizado aplicando la especificación USB1.0, se establece la velocidad de la transmisión en 9600 baudios y se declara el formato de la palabra con 8 bits y 1 bit de parada.
2. Programar la interrupción de la PC al recepcionar determinado carácter a través del puerto USB lo cual permite iniciar el proceso de comunicación en cualquiera de las dos direcciones, desde la PC o desde la interfaz PIC.
3. Programar las rutinas para el protocolo de comunicación de forma tal que se intercambien señales entre la interfaz PIC y la PC en ambos sentidos para la transmisión y la recepción de datos, el chequeo de los errores de los datos e informarse mutuamente del resultado exitoso o no de los procesos.
4. Mostrar en un panel visual interactivo los valores de los parámetros que se transmitieron desde la interfaz PIC mediante objetos programables propios de las librerías del software Windows CVI 7.1.
5. Mostrar en un fichero de texto los valores de los parámetros que se transmiten desde la interfaz PIC en tiempo real con fecha y hora en que se efectúa este.
6. Efectuar la programación de los valores de control desde el panel gráfico de la PC y mediante un protocolo de comunicación enviar estos datos a la interfaz PIC en tiempo real en el modo de Programación desde PC.
7. Programar la opción para permitir la salida y cierre normal de la aplicación.

#### **1.4.3.1 Descripción del Programa SAETA.**

El programa se inicia con un Panel Principal, dado en la Figura No. 42, desde el que se accede a las opciones siguientes mediante teclas:

1. Tecla Comunicar para establecer esta con la interfaz.
2. Línea de Edición para la asignación del puerto USB de la PCB
3. Tecla Inicio para la corrida de los valores iniciales (set up) en el programa

- residente en la PC empleando la tecla inicializar del modo programación.
4. Tecla Modo Lectura, muestra el Panel de Lectura con los valores en tiempo real que se transmiten desde la interfaz PIC.
  5. Tecla Modo programación muestra el Panel de Programación para realizar esta operación imponiendo los parámetros de control a enviar a la interfaz PIC desde la PC en el Modo de Programación desde la PC
  6. Tecla Ver resultados, muestra en un fichero de texto el ultimo Reporte recibido.
  7. Tecla Salir abandona y cierra el Programa Saeta.
  8. Tecla RESET inicializa la interfaz electrónica del sistema desde la PC

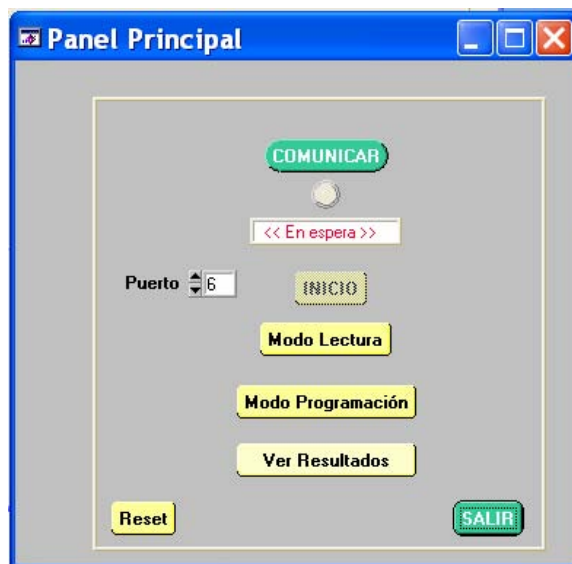


Figura No. 42: Panel principal del Programa SAETA

Para configurar los parámetros de la comunicación USB se emplea el objeto:

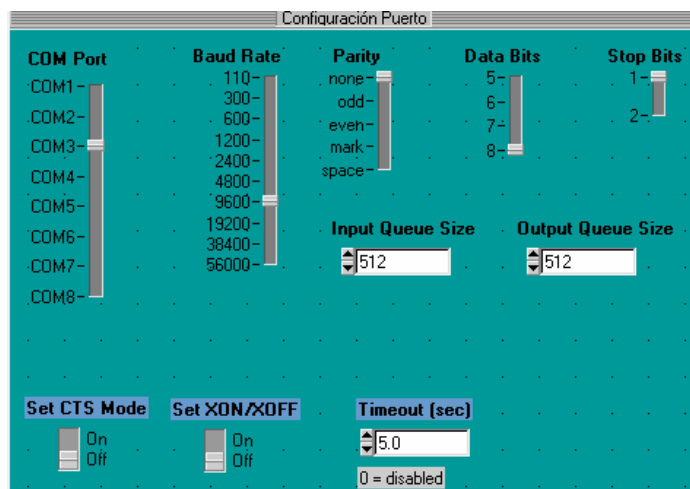



Figura No. 43: Configurar velocidad y forma de los datos en la comunicación USB



### Acciones para iniciar el Programa SAETA:

Una vez instalado el software, este se ejecuta con doble click sobre el icono  y se activa el panel principal, para realizar las siguientes funciones:

1. En el panel principal pulsar el botón de control **COMUNICAR**, haciendo click sobre el mismo se configura e inicializa el puerto virtual USB para Tx/RX y se establecen los parámetros de la comunicación. También se nombra y salva el fichero de texto para almacenar un reporte en tiempo real del sistema.

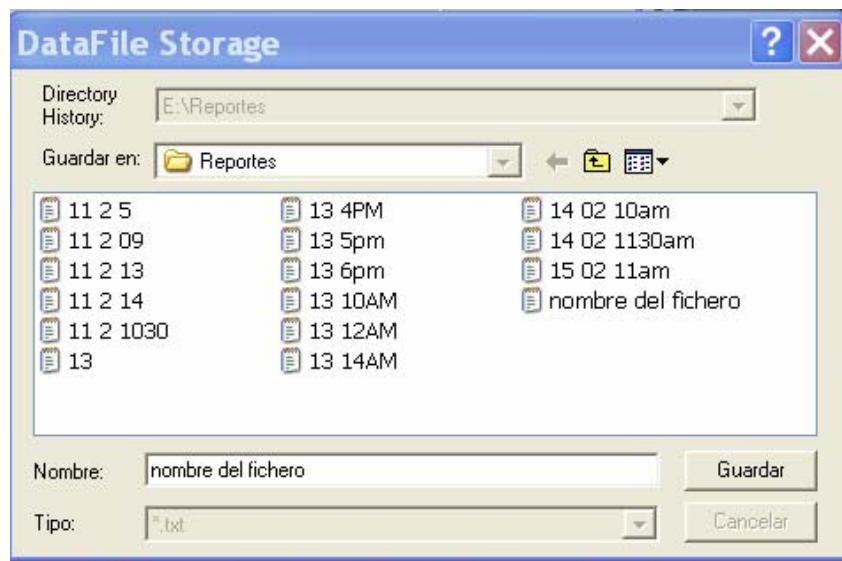


Figura No. 44: Ventana de dialogo para nombrar el fichero.txt del Reporte datos

2. Presionando click en el botón de control **INICIO**, se muestra un panel con los parámetros de control o por defecto o de inicio del sistema tales como: contraseña de programación, contraseñas del Módulo de Acceso, valores de control de la temperatura y la humedad, descripción de los sensores, de los medidores, de los equipos actuadores y periféricos en uso. Además se establece el estado inicial ON/OFF de cada equipo controlado y se actualiza la fecha y la hora. Y se procede a realizar la programación inicial del sistema desde la PC, para ello se da click sobre la tecla de control **INICIALIZAR** en el panel de Programación para efectuar la acción, con los datos previamente almacenado en el programa Saeta. Estos datos se envían desde a la PC a la interfaz electrónica del sistema.

- Al ocurrir esta programación inicial, el operador vuelve al panel principal y dando click sobre la tecla Modo lectura podrá mostrar las lecturas de los parámetros del sistema, normalmente este panel esta en activo en el monitor para observar el trabajo de monitoreo del sistema. En la Figura No. 45 e muestra este panel:

**Panel de Lectura**

Reporte No.  Tipo  Cod. Evento  Estado Normal

**Parámetros de Control**

**Temperatura**

Tmax  Tmax  Tavisio  Tdescon

**Humedad Relativa**

HRmax  HRmin  HRavisio  HRdesc

**Fecha y Hora**

Día  Mes  Año  Hora  Minutos  Segundos

Tiempo Muestreo

**Parámetros Leídos**

**Mediciones**

Temp  HR  AC110  AC220  BatPuerta

**Estado Actuadores**

Acond  Deshum  Transm  Antena  Alarma  Línea Gral

**Descripción del Sistema**

**Sensores**

☒ Magnético1 ☒ Magnético2 ☒ Detect. de Humo ☒ PIR ☒ Torm. Elect. ☒ Medidor 110 AC ☒ Medidor 220 AC ☒ Medidor Tem/Hr

**Equipos de Control**

☒ Aire Acond. ☒ Deshumificador ☒ Transmisor ☒ Antena ☒ Sirena ☒ Energía General

**Hardware**

☒ TX/RX USB ☒ Módulo Acceso ☒ Teclado ☒ Display LCD ☒ EEPROM. ☒ Reloj Tiempo Real ☒ Tamper ☒ Medidor Batería

**Sensores**

Magnet1  Magnet2  Det.Mov  Det.Humo  Torm. Elect.  Puerta  Tamper

**Ver Psw y Event** **Atrás**

**Figura No. 45: Panel de lectura**

Se ofrecen las lecturas de todos medidores, los sensores, el estado de lo actuadores y los datos sobre el numero y tipo de reporte, la fecha, la hora y los recursos en uso.

Otras teclas de control del Panel del Modo Lectura son: la tecla **Atrás** que retorna al panel principal y la tecla **Ver psw y Eventos** que muestra otra ventana con las ultimas 5 contraseñas correctas e incorrectas tecleadas en el Módulo de acceso y los últimos 5 eventos reportados a la PC, este panel se muestra en la Figura No. 46.

- La programación con los datos del Setup es solo al iniciar el Software SAETA, pero estos parámetros pueden ser modificados estos parámetros mediante la

Programación desde la PC o desde el teclado de la interfaz. A continuación se describe el Modo programación desde la PC.

**Panel de Passwords y Eventos**

Listado de últimas Passwords tecleadas

Passwords correctas						Passwords incorrectas					
PwT1	11	12	13	14	15	PwTN1	61	62	63	64	65
PwT2	11	12	13	14	15	PwTN2	61	62	63	64	65
PwT3	11	12	13	14	15	PwTN3	22	22	22	22	22
PwT4	11	12	13	14	15	PwTN4	22	22	22	22	22
PwT5	11	12	13	14	15	PwTN5	22	22	22	22	22

Listado de últimos Eventos

Cod. Evento 1

Cod. Evento 2

Cod. Evento 3

Cod. Evento 4

Cod. Evento 5

**Ocultar**

Figura No. 46: Panel de lectura de las contraseñas y los eventos

### Modo Programación desde la PC

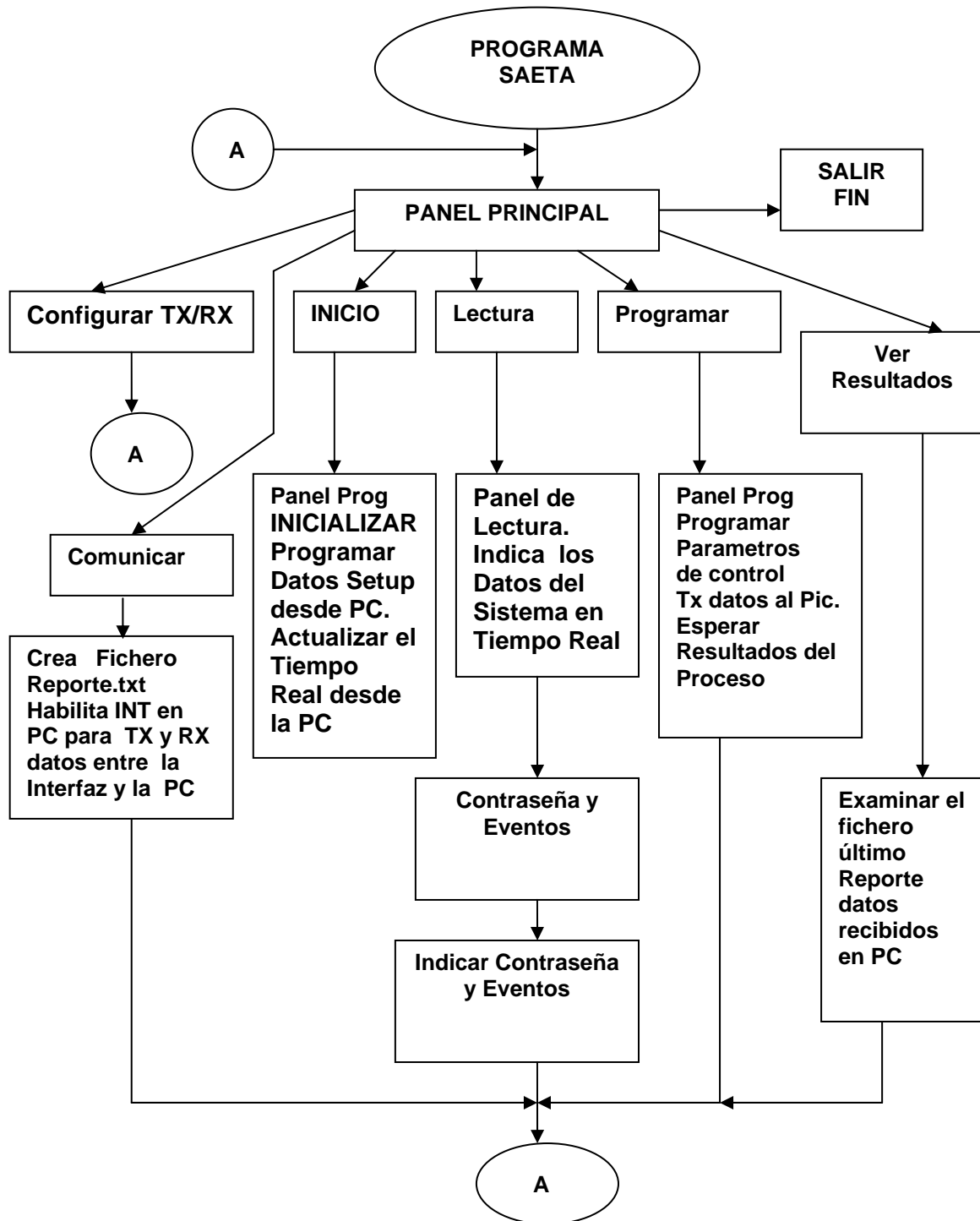
Para efectuar la Programación, se procede a dar click en la Tecla Modo Programación del Panel Principal del programa SAETA y seguidamente, se pasa al panel de programación donde usando el teclado y el Mouse se pueden cambiar los parámetros que se deseen programar. Para hacer efectiva la acción se presiona click sobre el botón **PROGRAMAR** de este panel que es de color verde y que cambia a color rojo en espera de la programación, cuando esta se efectúa este vuelve a su color verde original, no debe cambiarse de panel hasta tanto no se efectué la programación. Si desea ver los cambios ocurrido como consecuencia de la programación, puede hacerlo pasando al Panel de Lectura, para lo cual puede retornar al Panel Principal dando click en el botón de este modo de trabajo. La programación desde la PC o desde el teclado de la interfaz genera un evento que se almacena en el reporte, El panel del modo programación se muestra a continuación con sus teclas de control: **INICIALIZAR**, **PROGRAMAR** y **Atrás** (para retornar al panel principal).

Panel de Programación									
<b>Parámetros Programables</b>									
<b>Temperatura</b>			<b>Humedad Relativa</b>			<b>Estado Actuadores</b>			<b>PROGRAMAR</b>
Tmax	22		HRmax	50		<input checked="" type="checkbox"/> Aire Acond.			<b>&lt;&lt; Listo &gt;&gt;</b>
Tmin	18		HRmin	40		<input checked="" type="checkbox"/> Deshumificador			
Taviso	25		HRaviso	60		<input checked="" type="checkbox"/> Transmisor			
Tdesc	27		HRdesc	70		<input checked="" type="checkbox"/> Antena			
Tiempo Muestreo			30			<input checked="" type="checkbox"/> Alarma Sonora			<b>INICIALIZAR</b>
						<input checked="" type="checkbox"/>			<b>&lt;&lt; Listo &gt;&gt;</b>
						<input checked="" type="checkbox"/> Línea AC Gral.			
						11111111			
<b>Contraseñas</b>									
<b>Programación</b>									
PSWProg	11	11	11	11	11				
<b>Acceso al local</b>									
PSW1	11	12	13	14	15				
PSW2	21	22	23	24	25				
PSW3	31	32	33	34	35				
PSW4	41	42	43	44	45				
PSW5	51	52	53	54	55				
<b>Descripción del Sistema</b>									
<b>Sensores</b>			<b>Equipos de Control</b>			<b>Hardware</b>			
<input checked="" type="checkbox"/> Magnético1			<input checked="" type="checkbox"/> Aire Acond.			<input checked="" type="checkbox"/> TX/RX USB			
<input checked="" type="checkbox"/> Magnético2			<input checked="" type="checkbox"/> Deshumificador			<input checked="" type="checkbox"/> Módulo Acceso			
<input checked="" type="checkbox"/> Detect. de Humo			<input checked="" type="checkbox"/> Transmisor			<input checked="" type="checkbox"/> Teclado Prog			
<input checked="" type="checkbox"/> PIR			<input checked="" type="checkbox"/> Antena			<input checked="" type="checkbox"/> Display LCD			
<input checked="" type="checkbox"/> Torn. Elect.			<input checked="" type="checkbox"/> Sirena			<input checked="" type="checkbox"/> EEPROM			
<input checked="" type="checkbox"/> Medidor 110 AC			<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/> Reloj Tiempo Real			
<input checked="" type="checkbox"/> Medidor 220 AC			<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/> Tamper			
<input checked="" type="checkbox"/> Medidor Tem/Hr.			<input checked="" type="checkbox"/> Energía General			<input checked="" type="checkbox"/> Medidor Batería			
11111111			11111111			11111111			<b>Atrás</b>

Figura No. 47: Panel de programación de los parámetros de control y para inicializar el sistema

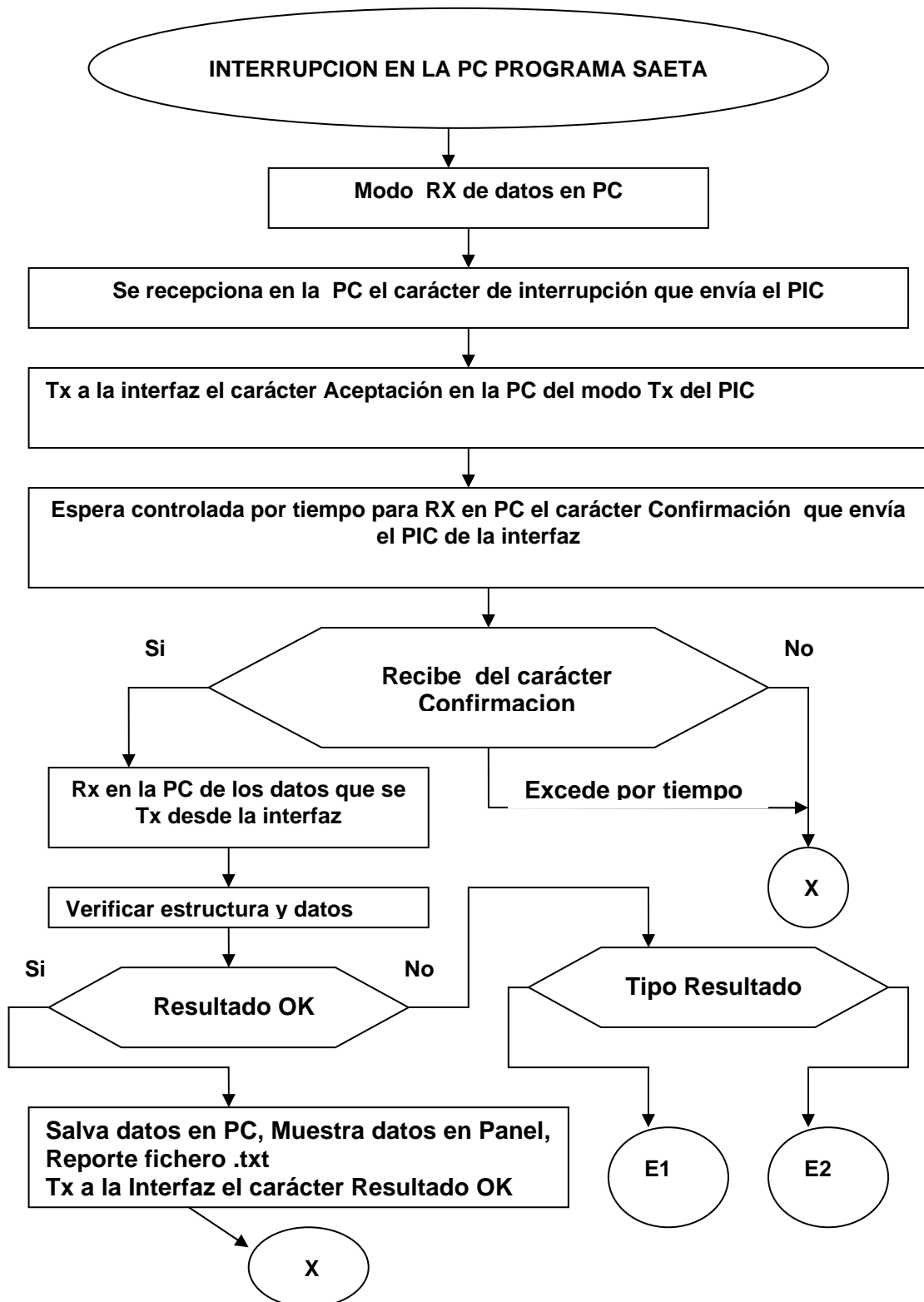
**1.4.3.2 Diagrama en Bloques del Programa Principal SAETA.** (Fig. No. 48)

A continuación se ilustra en un esquema como opera SAETA en un flujo de programación para atender cada tecla y además esta en activo la rutina de atención a la interrupción de comunicación on la interfaz PIC por puerto USB

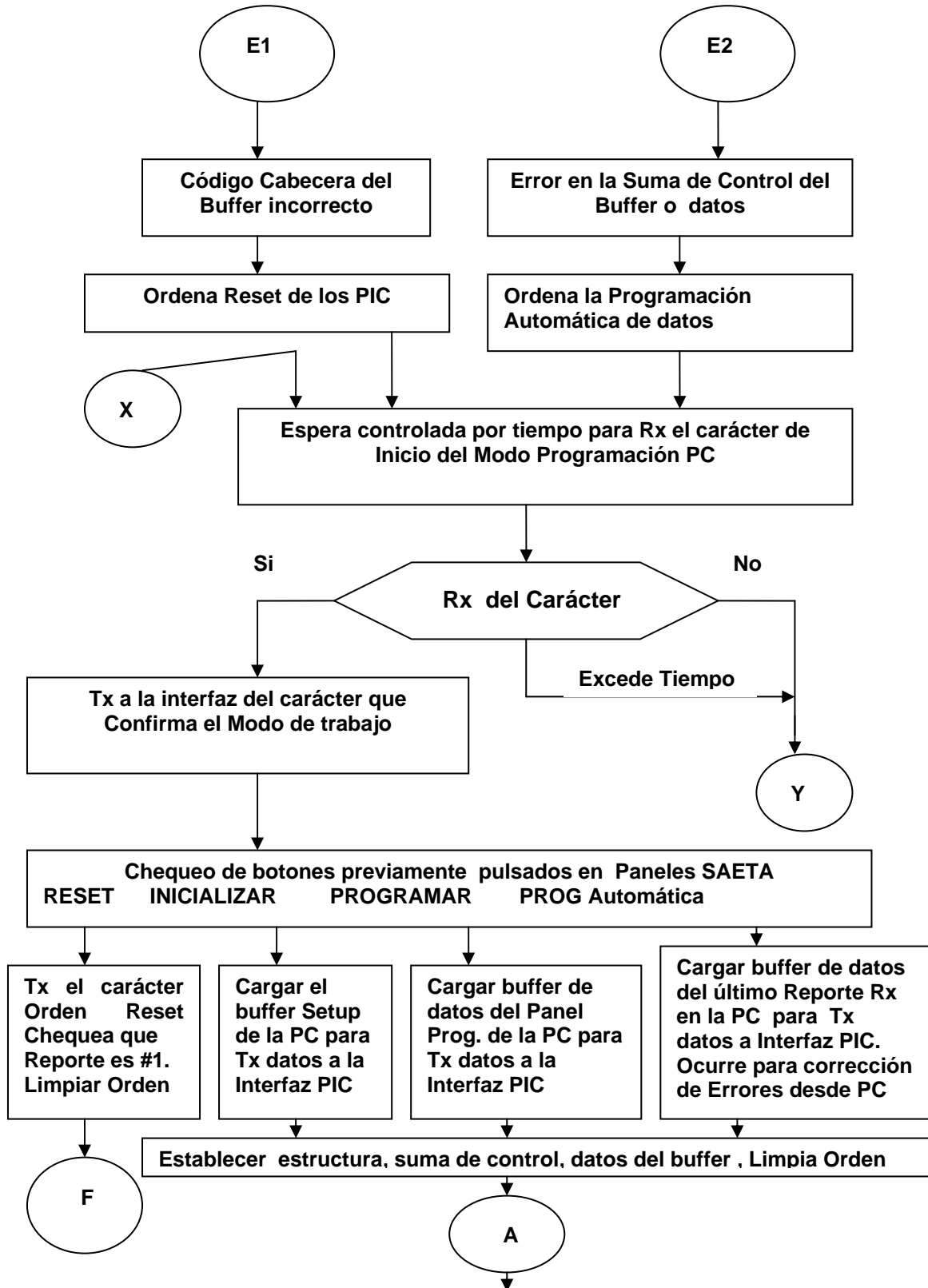


A continuación se presenta el flujo de programación para el protocolo en la PC.

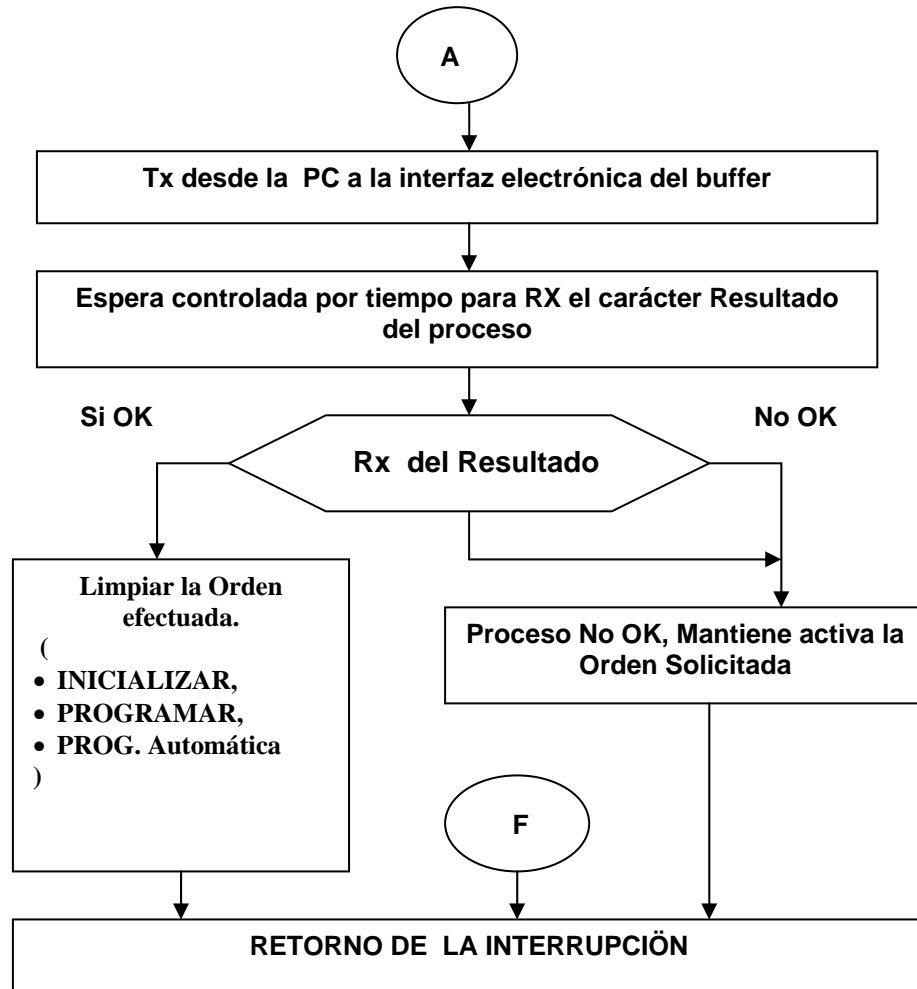
1.4.3.3 Diagrama y Funcionamiento de la Rutinas de Interrupción en la PC.



Continúa el flujo en la página siguiente la Figura No. 49:



Continúa el flujo en la página siguiente...



#### **1.4.3.4 Desarrollo y programación de la aplicación SAETA.**

El programa SAETA residente en la PC se desarrolla con la herramienta Windows CVI versión 7.1. y constituye un aporte personalizado para monitorear y controlar el SAPC diseñado. El protocolo de comunicación que se establece entre la PC y la interfaz PIC descrito anteriormente requiere que se cumplan satisfactoriamente y de forma coordinada el intercambio de señales entre ambos equipos, la transmisión y la recepción de buffer de datos con una configuración propia y el chequeo de errores durante el proceso de comunicación, lo cual es un aporte distintivo.

A continuación fragmentos del código fuente en tabla No. 19, desarrollado para esta aplicación en lenguaje C++ con programación objeto y el uso de las bibliotecas del software Windows CVI, el cual ejecuta satisfactoriamente:



Acciones de SAETA	Ilustración con secciones del código del programa
<p>Programa Principal. Se establecen los paneles de la aplicación que se encuentran diseñados en fichero denominado proyectol.uir</p> <p>Segmento de código para efectuar la acción de comunicar la PC con la interfaz PIC por el puerto UB seleccionado comport. Se realiza función Configurar() y con el el carácter 100 en la recepción en la PC, se da la interrupción y se corre esa rutina</p> <p>Configurar () define: puertoUSB, Velocidad en baudios, cantidad de bits a transmitir, el uso del bit de parada y del bit de paridad. Se activa la librería Windows CVI de chequear y mostrar mensajes de error y de control sobre el proceso de Tx/Rx de cadenas de caracteres en PC. Como por ejemplo los mensajes: "No errors.", "No port is open", "Timeout error" y otros.</p> <p>Esta es la rutina de Interrupción de la PC que ejecuta el protocolo</p>	<pre> int main (int argc, char *argv[]) {     if (InitCVIRTE (0, argv, 0) == 0)         return -1; /* out of memory */     if((panel_princHandle=LoadPanel(0,"proyectol.uir",     PANEL)) &lt; 0)        return -1;     panel_princHandle=LoadPanel(0,"proyectol.uir", PANEL);     lect_handle=LoadPanel (0, "proyectol.uir", PANEL_2);     config_handle=LoadPanel (0, "proyectol.uir", PANEL_3);     DisplayPanel (panel_princHandle);     RunUserInterface ();     return 0; }  int CVICALLBACK comunicar (int panel, int control, int event, void *callbackData, int eventData1, int eventData2) {     switch (event){         case EVENT_COMMIT:             Configure();             eventMask=LWRS_RXFLAG;             InstallComCallback (comport, eventMask, 1, 100,             Recepcion_Datos, 0);             ResetTextBox(panel_princHandle,             PANEL_TEXTBOX,"&lt;&lt;             Comunicando &gt;&gt;" );             SetCtrlVal (panel_princHandle, PANEL_LED, 1);                  break;              }             return 0;     } }  int Configure() {     config_handle=LoadPanel(panel_princHandle,     "PROYECTO1.uir", PANEL_3);     SetCtrlAttribute(panel_princHandle,PANEL_TEXTBOX,     ATTR_VISIBLE, 1);     ResetTextBox(panel_princHandle,PANEL_TEXTBOX,"&lt;&lt;     Comunicando &gt;&gt;" );     SetCtrlAttribute(panel_princHandle,PANEL_LED,     ATTR_ON_COLOR, VAL_RED);     SetCtrlVal (panel_princHandle, PANEL_LED, 1);      if (config_flag) SetConfigParms ();         else config_flag = 1;     port_open = 0;     GetCtrlVal (panel_princHandle, PANEL_PUERTO,     &amp;val_pto);     comport=val_pto;     GetConfigParms ();     DisableBreakOnLibraryErrors ();     return 0; }  void CVICALLBACK Recepcion_Datos (int comport,int eventMask,void *callbackData) {InstallComCallback (comport, 0, 1, 166, 0, 0); </pre>

<p>Se limpia el puerto de la PC y se envía el carácter aceptar TX a la interfaz PIC</p> <p>Lectura del puerto de la PC para obtener el buffer los datos que envía el PIC y que se almacena en arreglo datos_leídos[i]</p> <p>Verificar_paquete() es una función que chequea si existen errores en el buffer de datos transmitidos desde el PIC, y pone la variable OK=1 si no existen errores y OK=0 si hay fallas. El carácter 23 va al PIC e informa que fue exitosa la TX y salva en Reporte.txt. Se muestran en el Panel Lectura</p> <p>Cuando hay errores se envía al PIC el carácter 25 va al PIC para informar que no fue exitosa la TX y no salva datos. Puede ordenar RESET o hacer una Programación de la interfaz PIC para corrección de datos.</p> <p>Programación desde la PC. Comienza si recibe el código 134 enviado desde el PIC y que informa a la PC que la interfaz es habilitada para RX un buffer de datos.</p>	<pre> recepcion=1;//<b>flag para usarla en Programar()</b> FlushInQ (comport); ComWrtByte (comport, 109);//<b>Envía para aceptar TX</b> SetComTime (comport, 0.0); GetSystemTime (&amp;horas1, &amp;minutos1, &amp;segundos1);  do{  Check_Time_Espera();     if(salir==1) break;     dato_recibido=ComRdByte (comport); }while(dato_recibido != 200);//<b>cuando recibe 200 es OK</b> ComRd (comport, datos_leídos, 160);//<b>leer los datos</b> for(i=0;i&lt;160;i++){ datos[i]=datos_leídos[i];  }  Verificar_paquete();     if(OK==1){ cont=0;autoprog=0;                 cont2=0;                 ComWrtByte (comport, 23);//<b>avisa el OK</b>                 SetLectParms ();                 Guardar_temporal();//<b>salva datos</b>  <b>//Guardar datos leídos en un fichero de texto *****/</b> resultados=fopen("e:\\Resultados.txt", "w+"); fprintf(resultados, "\nLECTURA DESDE EL PIC2"); fprintf(resultados, "\nFecha de lectura: %s    Hora: %s\n", DateStr(), TimeStr()); for(i=0;i&lt;160;i++){ fprintf(resultados, "\n dato[%d]=%d\n", i, datos[i]);     } } else{ <b>//paquete recibido NO OK</b>         if(datos[0]!=204){reset=1; <b>//para resetear interfaz problemas en comunicación</b>         }         }         else {             ComWrtByte (comport, 25);             autoprog=1; <b>//arregla errores</b>             listo_prog=1;<b>//para programar</b>         }     }  do{ Check_Time_Espera();     if(salir==1) break;     dato_recibido=ComRdByte (comport); }while(dato_recibido != 134); ComWrtByte (comport, 60);// envio datos al PIC if(inicio==1    prog_automat==1){     GetProgramSetup();     Actualizar_variables_prog(); } else{ GetProgramParms(); }  Continúa la programación desde de la PC..... </pre>
---	--

## **CAPITULO II: Construcción y Evaluación del SAPC.**

En este capítulo se explica los pasos para la fabricación del prototipo del SAPC, las operaciones efectuadas para su construcción en todas sus partes y las conexiones de estas. También se describe el montaje, la instalación, la puesta en marcha y la evaluación de su funcionamiento práctico en pruebas de campo, así como se presentan fotos de los resultados finales de su fabricación e instalación

### **2.0 Diseño de circuitos impresos para el hardware del SAPC.**

El sistema diseñado como se describió emplea un conjunto de sensores, medidores, periféricos y equipos tecnológicos y de control, estos son:

#### **SENSORES CONECTADOS AL SISTEMA:**

1. Sensor Tamper para detectar rotura del módulo de acceso
2. Sensor PIR o detector de cambio de movimiento o presencia física.
3. Sensor Magnético en la puerta.
4. Sensor Magnético en la ventana o en PGD.
5. Detector de humo o sensor detector de incendios.

#### **EQUIPOS MEDIDORES CONECTADOS AL SISTEMA:**

1. Medidor de Temperatura y Humedad Relativa de los parámetros ambientales.
2. Medidor del Voltaje de la batería de respaldo (voltaje de dc).
3. Medidor del voltaje de AC de las líneas 110 V y 220 V (voltaje de ac).

#### **PERIFERICOS CONECTADOS AL EQUIPO:**

1. Módulo de control del acceso principal: el cual consta de: Teclado matricial 4x3 para teclear la contraseña de apertura de la puerta de acceso principal, Buzzer del teclado, un led indicador del teclado, Cierre electrónico para la apertura de la puerta e Interruptor de apertura de la puerta por interno.
2. PGD (Pizarra de distribución General de la Energía eléctrica). Para la conexión de los Equipos actuadores y del módulo de respaldo energético, en ésta se ubican los siguientes componentes: la Tarjeta electrónica denominada bornera con los relees de 12 voltios y la señalización del estado de los actuadores que se gobiernan desde la interfaz electrónica

del sistema, el Conmutador magnético general para la conexión/desconexión de la energía eléctrica, los Conmutadores magnéticos para la conexión de los siguientes equipos: Equipo de aire acondicionado, Equipo deshumificador, Equipos tecnológicos, la Sirena contra intrusos. También el Módulo de respaldo energético del SAPC y los dispositivos para la protección eléctrica.

#### **INTERFAZ ELECTRONICA PIC**

Realiza los modos de trabajo del SAPC, consta de un Teclado Matricial 4x4 de la interfaz PIC, un Indicador alfanumérico del tipo LCD de 16 caracteres x 2 renglones, para mostrar de forma continua mensajes y lecturas de parámetros según el modo de trabajo en curso. A esta interfaz se conectan: el cable de conexión para la comunicación USB con la PC y todos los conectores y cables que la unen con los sensores, los medidores y los periféricos del SAPC.

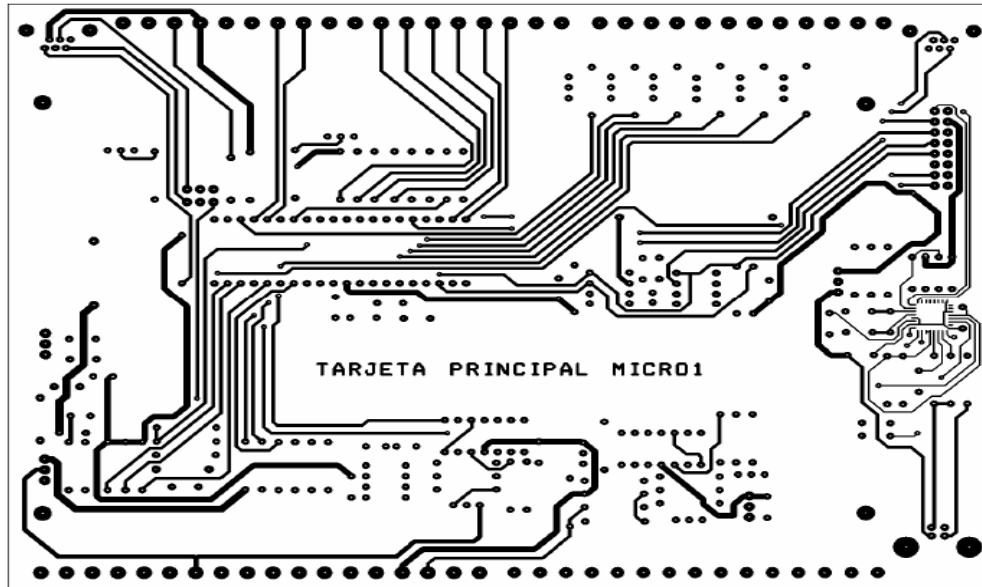
#### **Tarjetas electrónicas que forman el sistema.**

Para la construcción del sistema se diseñaron los circuitos impresos de 6 tarjetas electrónicas utilizando el software ORCAD 16.0, empleando las reglas de diseño dada por el Taller de Fabricación del Instituto Cubano e Investigación Digital (ICID), donde se fabricaron. El sistema consta de las siguientes tarjetas electrónicas:

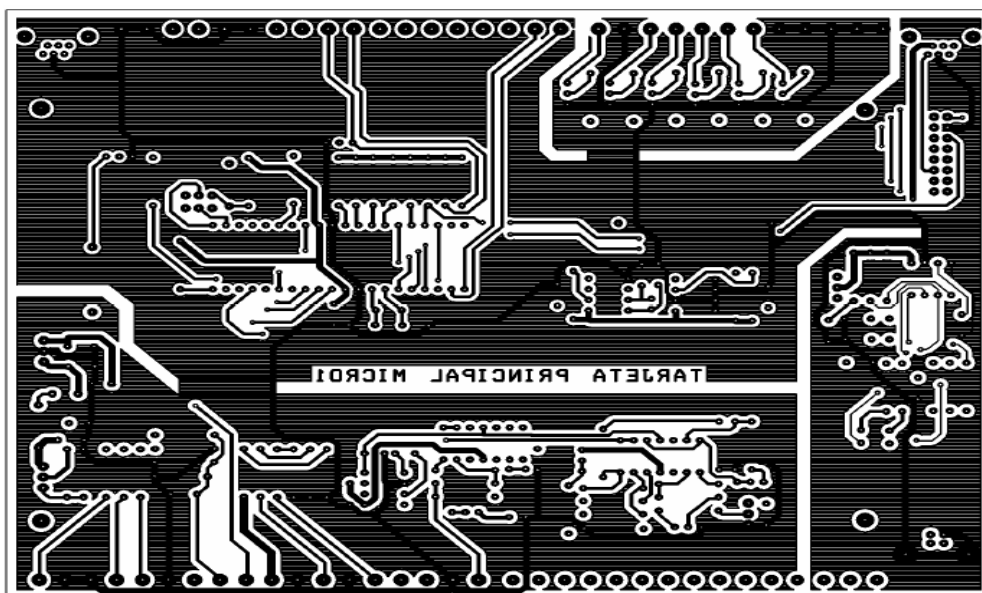
1. La interfaz PIC consta de 2 tarjetas electrónicas, éstas son: la tarjeta PIC1 y la tarjeta PIC2 las cuales se conectan entre si por una cinta multivias, y poseen en cada caso un microcontrolador PIC18F452. Estos PIC pueden ser programados desde el exterior mediante la herramienta ICD2 que se conecta a las tarjetas electrónicas a través de los correspondientes conectores JK11 y los respectivos jumpers, con el objetivo de actualizar el código fuente del microprograma si se requiere, para ello se emplea el programa código fuente y el software MPLAB 7.5 desde la PC.
2. Tarjeta electrónica del medidor de temperatura y de humedad relativa, con los sensores: LM35 para medir la temperatura y el sensor de humedad relativa Honeywell HIH4003 respectivamente.
3. Tarjeta electrónica del módulo de acceso.
4. Tarjeta electrónica de la bornera ubicada en la PGD.
5. Tarjeta electrónica del Medidor de Voltaje ac en las líneas de 110v y 220v
6. Tarjeta electrónica para el Módulo de respaldo energético

A continuación se muestran imágenes de los diseños de los circuitos impresos de las tarjetas electrónicas fabricadas.

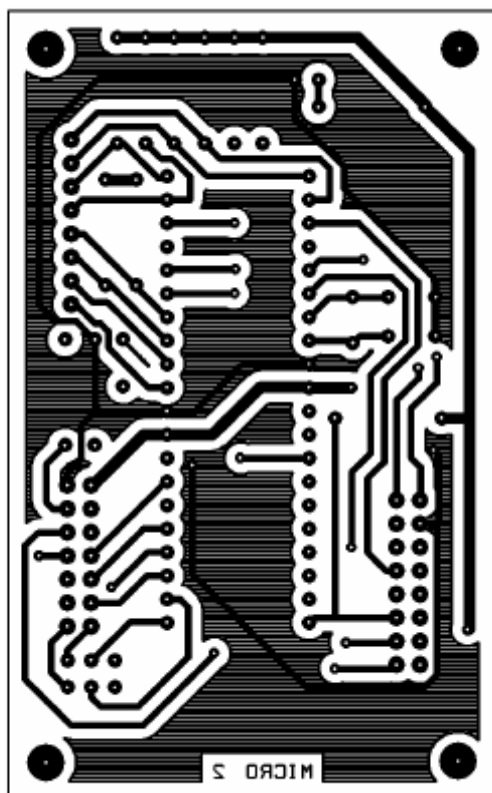
Figura No. 50: Circuito impreso de la tarjeta PIC Principal.



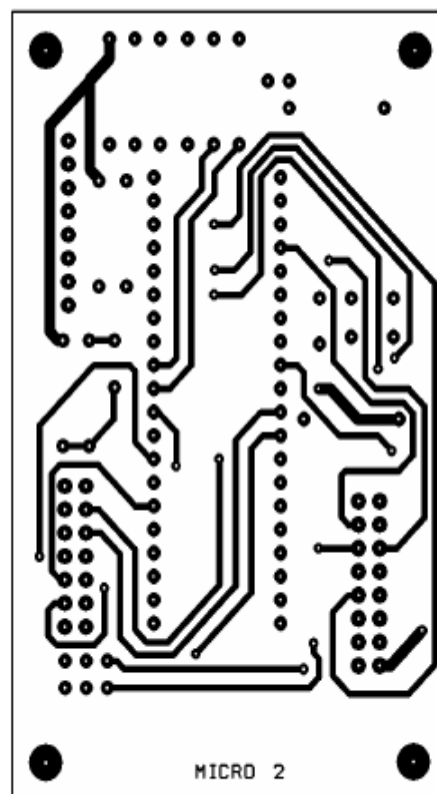
Cara de Componentes.



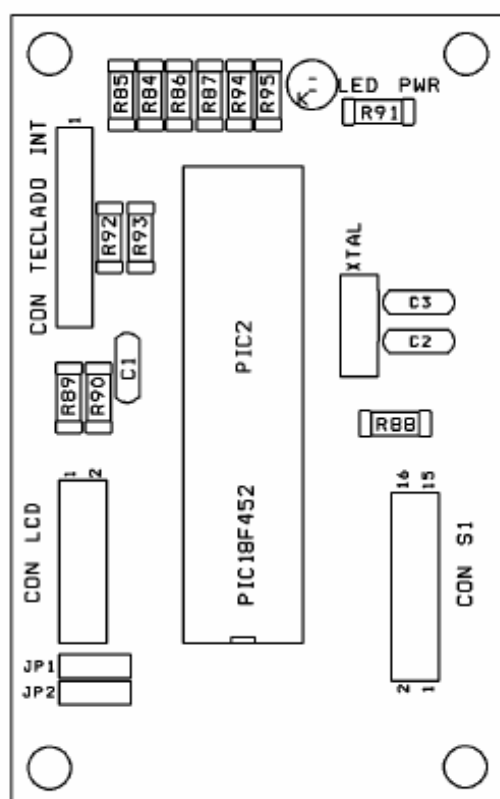
Cara de Soldadura.



Cara de Soldadura.

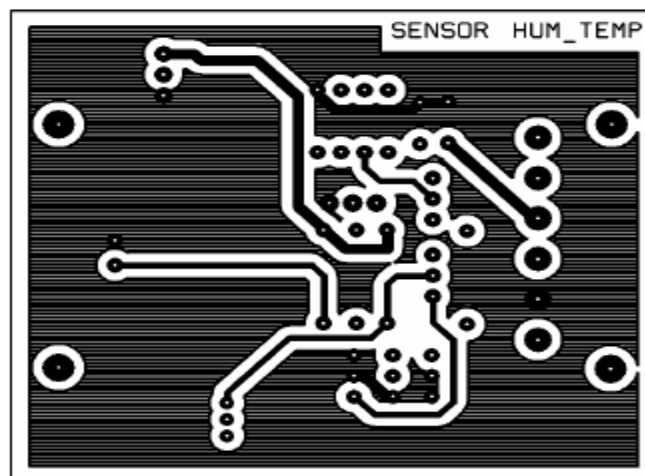


Cara de Componentes.

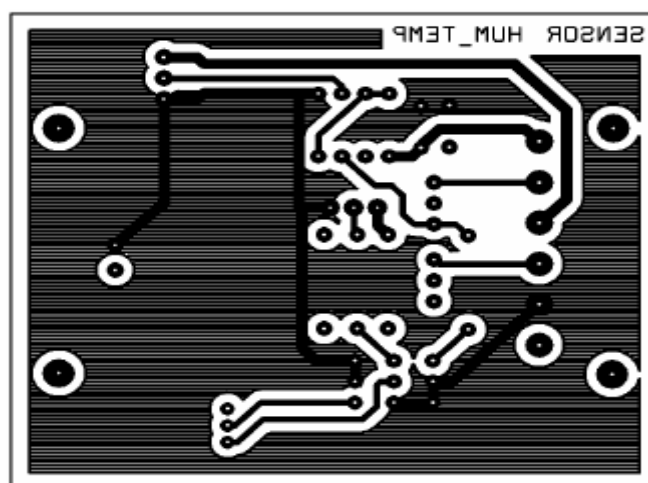


## Silkscreen cara de componentes

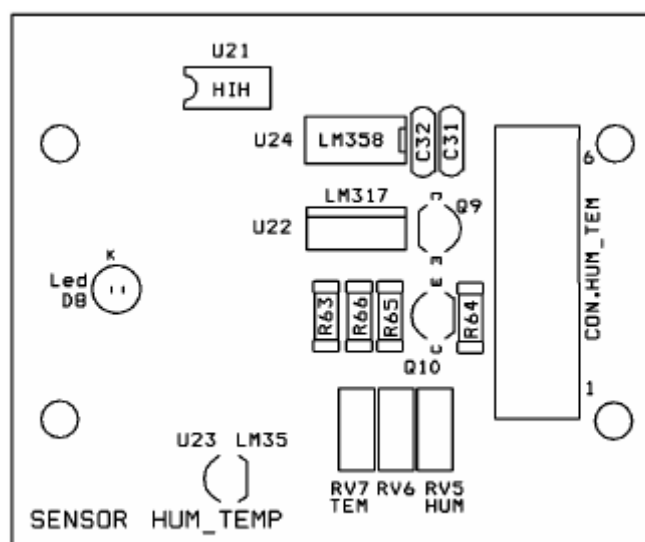
Figura No. 51: Circuito impreso PIC2.



Cara de Componentes.

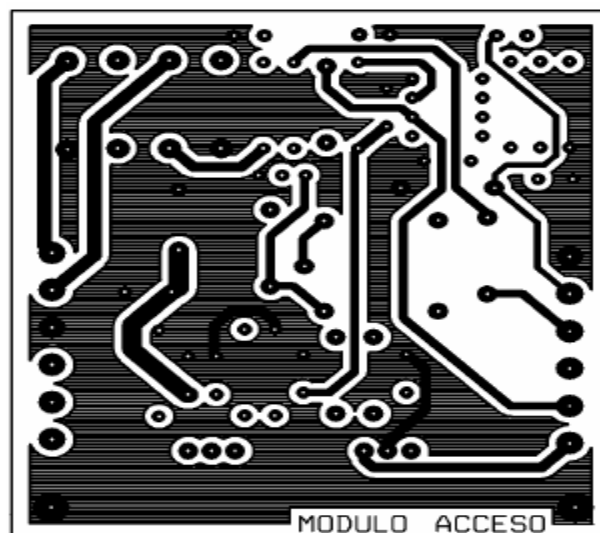


Cara de Soldadura.

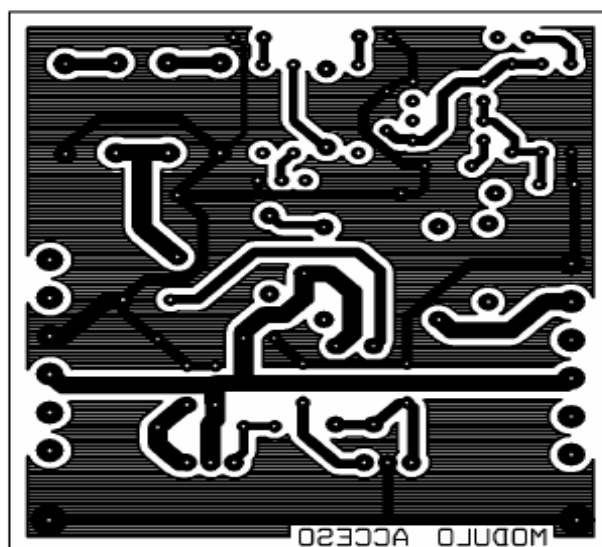


Silkscreen cara de componentes

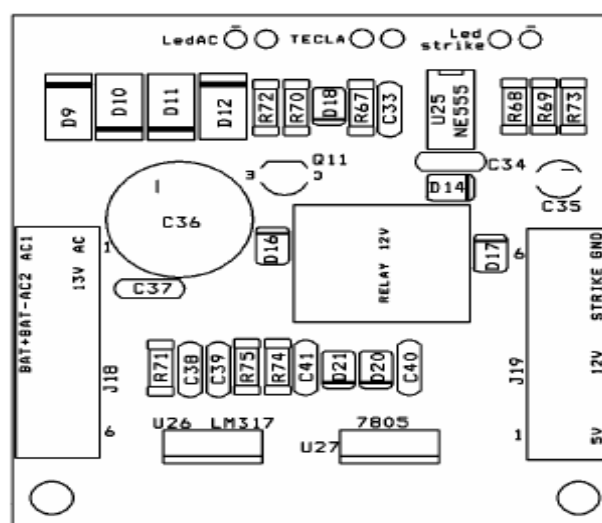
Figura No. 52: Circuito impreso medidor de parámetros ambientales



### Cara de Componentes.



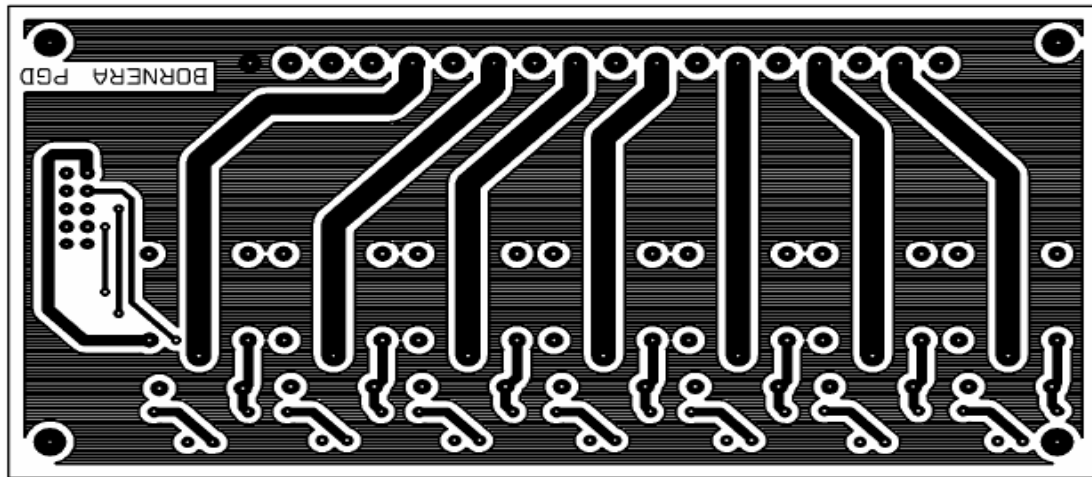
Cara de Soldadura.



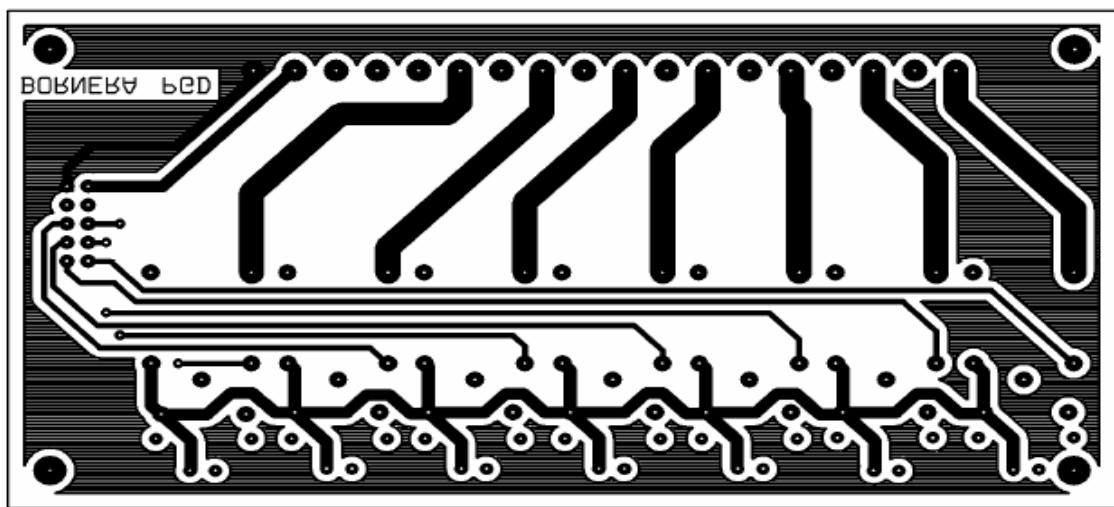
## Silkscreen cara de componentes

Figura No. 53: Circuito impreso Módulo de acceso.





Cara de Componentes.



Cara de Soldadura.

Figura No. 54: Circuito impreso Bornera en PGD.

### **2.1. Construcción de la Interfaz Electrónica del SAPC.**

Para la construcción del SAPC se realizan las siguientes operaciones:

- 1) Montaje y soldadura de los componentes electrónicos en las tarjetas.
- 2) Medición y puesta a punto del hardware por módulos, comenzando por la interfaz PIC, con sus dos tarjetas por separado, una vez que se conoce que no hay errores de hardware se procede a realizar la programación de cada microcontrolador PIC, se ajustan los microprogramas PIC empleando la herramienta ICD2, se verifica la conexión y operación del teclado 4x4, el funcionamiento del indicador LCD, el trabajo de los componentes en el bus I2C y la comunicación con la PC por puerto USB empleando el programa SAETA y otros microprogramas de prueba.

- 3) Se fabrica, verifica eléctricamente y se calibran los sensores, y se ponen en correcto funcionamiento, calibrando por separado cada medidor electrónico desarrollado y se comprueban los circuitos eléctricos de cada parte del SAPC, una vez que todo esto está ajustado, se conectan a la tarjeta de la interfaz y se procede a ajustar el microprograma y a comprobar la captación de cada sensor y las lecturas de las variables medidas en el SAPC.
- 4) Además se ensambla la PGD y se comprueba su funcionamiento, conectando esta a la interfaz eléctrica del SAPC y se comprueba su operación con un programa de prueba. Finalmente se procede a verificar el prototipo con un Protocolo de pruebas a nivel de Laboratorio, dejando listo el SAPC para su instalación y validación con la realización de pruebas de campo en condiciones de explotación.

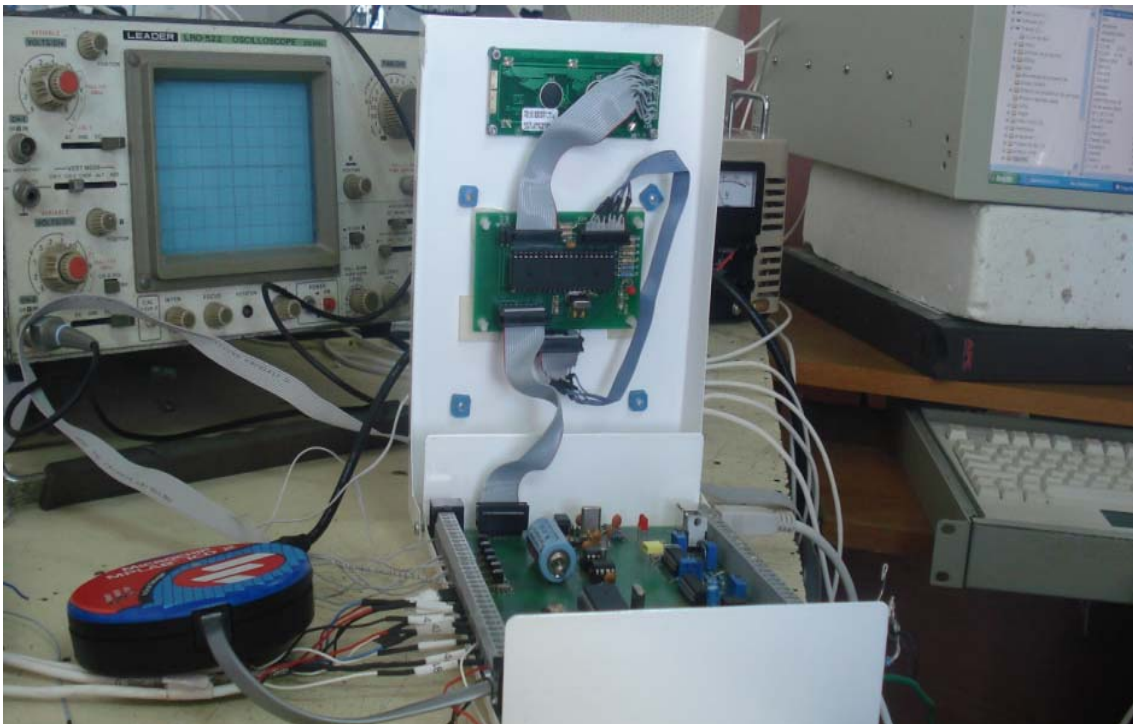


Figura No.55: Puesta a punto del prototipo del SAPC a nivel de Laboratorio.



Figura No. 56: Fotos del prototipo de la interfaz electrónica. del SAPC

## **2.2 Construcción de las partes del SAPC. Conexiones e Instalación.**

Se presentan imágenes de las partes fabricadas del SAPC el sistema.



Figura No. 57: Fotos de los prototipos del Medidor de temperatura y humedad relativa y del Módulo de Control del Acceso a la puerta



Figura No. 58: Foto del prototipo fabricado para la PGD.



Figura No. 59: Foto del prototipo del sensor PIR empleado.





Figura No. 60: Fotos del Medidor de temperatura y humedad (observe el envase exterior con las rejillas para los sensores) y del Detector de humo con su circuito electrónico asociado, ambos forman parte del SAPC.

### **2.3 Resultados de la verificación y la validación del SAPC.**

Para las pruebas del SAPC se realiza su instalación en la zona de trabajo, utilizando canaletas para la protección de las conexiones y se unen todas las partes del sistema con los conductores y cable adecuados según corresponde y observando las normas de seguridad eléctrica. Se presentan fotos de la instalación del Sistema. En la Figura No. 61: Foto de La interfaz PIC instalada.





Figura No. 62: Fotos de la puerta con el sensor magnético, el cierre electrónico y el interruptor de salida por interno, y a la derecha, la foto de la PGD instalada y del Medidor de Parámetros ambientales con las conexiones con canaletas. .

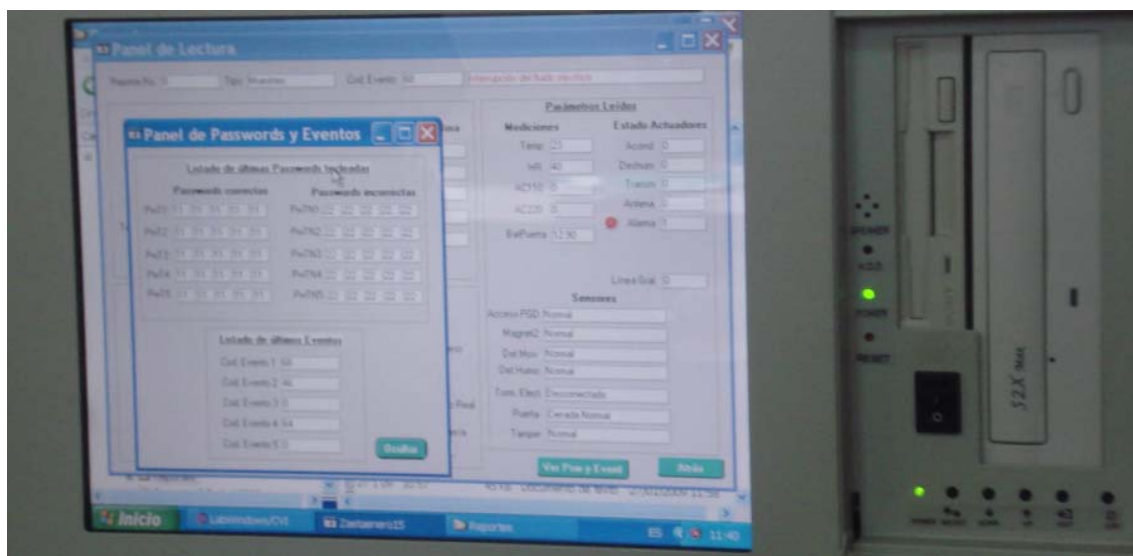


Figura No. 63: Fotos del monitor de la PC industrial empleada mostrando la corrida del Programa SAETA.

Para la validación del SAPC se realizan pruebas y se le da seguimiento a su operación en régimen de explotación durante meses y se realiza un Protocolo de Pruebas que incluye comprobar todas las prestaciones técnicas de su funcionamiento con la presencia de expertos en el tema y del personal de la entidad introductora. Se obtienen resultados satisfactorios en conformidad con el cumplimiento de los requerimientos técnicos solicitados.

### **CAPITULO III: - Valoración Técnico-Económica del SAPC desarrollado**

#### **3.0. Consideraciones tecnológicas para la aplicación práctica.**

Para la aplicación práctica de este resultado, se han realizado las siguientes acciones:

1. La protección intelectual del SAPC en la OCPI (patente) y para el software SAETA en el registro de derecho de autor, esto se encuentra actualmente en trámites legales.
2. La elaboración de una Carta Tecnológica preliminar o Know How para la fabricación de una serie cero de decenas de unidades del SAPC en condiciones industriales. Elaborándose microprogramas de prueba para la verificación de los módulos y partes del sistema.
3. La elaboración de la Carta de Verificación funcional del SAPC para la evaluación del mismo mediante pruebas y ensayos.
4. La elaboración del Manual de Operación y del Manual de Explotación del SAPC para que sea fácil su uso, el mantenimiento y la reparación.
5. La concepción del diseño modular de la interfaz electrónica del SAPC y de sus partes y piezas, así como el desarrollo del software para los microprogramas PIC en forma de rutinas configurables, contribuyen en general, a que sea fácil y eficiente, crear otros diseños de SAPC similares con prestaciones técnicas que sean subconjuntos de este y/o permitir adicionar nuevas características técnicas y otros módulos de sensores y medidores no considerados en este SAPC, lo cual reduce el tiempo de respuesta en el Ciclo de I+D+i y disminuye los costos de investigación ante otras solicitudes de diseños en el tema.
6. Se ha realizado un pormenorizado estudio del costo de cada componente del SAPC en el mercado internacional y de su ponderación en el costo total del sistema, con el objetivo de brindar alternativas para reducir el costo material del SAPC en un 15% en nuestras condiciones tecnológicas.



### 3.1. Planificación de las Tareas de Investigación.

Para establecer el costo durante la etapa de desarrollo, se tiene en cuenta el Cronograma de actividades planificadas, las cuales describen las tareas básicas que implican la realización del Proyecto. Las actividades desarrolladas en el Proyecto se llevan a cabo en la UCT LACETEL se desarrolla el diseño y la evaluación del prototipo y en la entidad introductora se realiza la validación.

**TABLA 20:** Actividades planificadas para la realización del Proyecto.

<b>Etapas del Proyecto</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Recursos</b>
<b><u>Factibilidad</u></b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Búsqueda bibliográfica.</li><li>• Estudio y análisis de la bibliografía</li><li>• Diseño del proyecto. Análisis de la factibilidad técnico-económica.</li></ul>	2 meses	Tiempo de Máquina.
<b><u>Diseño Preliminar</u></b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Diseño de las soluciones de Hardware y Software para la comunicación por puerto USB con la PC, la interfaz y demás partes.</li><li>• Obtención de resultados a nivel de maqueta. Simulación de microprogramas</li><li>• Puesta a punto de programa utilizando las herramientas de diseño: MPLAB 7.5, ICD2 y Windows CVI</li></ul>	4 meses	Tiempo de Máquina. Herramientas de diseño.
<b><u>Fabricación del Prototipo</u></b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Construcción del SAPC</li><li>• Verificación del funcionamiento.</li><li>• Validación del Funcionamiento.</li></ul>	6 meses	Tiempo de Máquina. Herramientas de diseño

### 3.2. Gastos de la investigación.

Para llevar a cabo el cálculo de los gastos en la etapa de investigación, se consideran los siguientes aspectos: el tiempo dedicado a la ejecución del proyecto, el tiempo de trabajo en la PC y el gastos de los materiales empleados en las soluciones técnicas y en la construcción del prototipo. La siguiente Tabla No. 21 se muestra el tiempo y el salario devengado en la elaboración del proyecto.

**TABLA 21:** Gastos directos por concepto de salario durante la investigación.

<b>Actividades</b>	<b>Horas empleadas</b>	<b>Gastos actividades en CUP</b>
Revisión bibliográfica	100	300.00
Estudio de la información.	160	420.00
Consulta con expertos	40	120.00
Factibilidad del proyecto.	100	300.00
Diseño Preliminar.	600	1800.00
Construcción y Evaluación del Prototipo.	1000	3000.00
		<b>Total: 5940.00</b>

**Gastos de fabricación del prototipo.**

En el cálculo del costo de la fabricación del prototipo, se tienen en cuenta:

1. El costo de elaboración (salario por mano de obra) fue de 1360 CUP.
2. El costo de los materiales empleados en la fabricación del prototipo y el consumo de energía eléctrica fue de 1200 CUP y 1500 CUC.
3. Las herramientas de diseño empleadas tienen un costo de: 250 CUC.

El Costo total del Prototipo fue de: 2560 CUP y 1750 CUC.

**Gastos Totales.**

El Costo total del Proyecto fue de: 8600 CUP y 1750 CUC.

## **CONCLUSIONES**

En este Trabajo de Tesis en opción al grado científico de MSc se cumplen satisfactoriamente todos los objetivos trazados, obteniéndose los siguientes resultados:

1. Se aplican modernas herramientas de diseño para el desarrollo de aplicaciones con microcontroladores de la familia PIC lo que garantiza que las soluciones desarrolladas sean: actualizadas, con elevado rigor científico, fiable, eficiente y eficaz.
2. Se realiza con resultados satisfactorios el diseño, fabrica, verifica y valida a nivel de prototipo: las tarjetas electrónicas (hardware) y los microprogramas almacenados en el microcontrolador PIC para obtener el desarrollo personalizado y modular de un Sistema automatizado de adquisición y procesamiento de datos para el control de procesos tecnológicos con comunicación con la PC por puerto USB que satisfaga los requerimientos técnicos solicitados, empleando: los microcontroladores PIC18F452, y otros circuitos integrados asociados.
3. Se diseñan, construyen y evalúan en la práctica con éxito, los circuitos de acondicionamiento de la señal para la conexión al SAPC de un conjunto de sensores, de los tipos: magnéticos, de detección de cambio de movimiento (PIR), detectores de humo, sensores tamper, así como diseñar y fabricar un conjunto de equipos electrónicos, tales como: Medidor de parámetros ambientales (temperatura y humedad relativa), medidor de voltaje de la línea de 110V ac, medidor de voltaje de la línea de 220V ac y un medidor de voltaje de las baterías. También se desarrollan y evalúan soluciones técnicas para la correcta operación de los periféricos siguientes: teclado matricial 4x4 con diferentes regímenes de trabajo, un indicador alfanumérico LCD, un módulo de acceso con teclado abre puertas, cierre electrónico de la puerta y los circuitos para el control del funcionamiento de los equipos actuadores del sistema, el control de los parámetros ambientales y la desconexión de la distribución de la energía del local. Todos estos sensores, medidores y periféricos forman parte integrante del SAPC. y pueden ser conectados a este, lo cual garantiza de forma eficiente la protección del acceso físico al área de trabajo y el funcionamiento estable y controlado del

equipamiento tecnológico conectado al sistema ante la posible ocurrencia de fallas energéticas y climáticas.

4. Se desarrolla, aplica y evalúa satisfactoriamente un protocolo de comunicación propio entre la interfaz electrónica del SAPC y la PC (por puerto USB, especificación 1.0) para garantizar la recepción y la transmisión de paquetes de datos en ambas direcciones, la verificación de la calidad del proceso, y la corrección de errores detectados, todo ello en un régimen de trabajo de reportes a la PC por muestreo con un tiempo programable y/o en un régimen de reporte urgente ante la ocurrencias de eventos significativos previamente definidos.
5. Se desarrolla y ejecuta con éxito, un programa residente en la PC, denominado SAETA elaborados con el software especializado Windows CVI, con el objetivo de monitorear supervisar el trabajo del sistema, efectuar el control y la configuración de la comunicación entre el puerto USB seleccionado de la PC y la interfaz electrónica diseñada, realizar la programación de parámetros tecnológicos de control desde la PC y visualizar en el monitor de la PC, los diferentes paneles interactivos que contienen la información sobre todos los datos y las lecturas que reporta el sistema a la PC.
6. Se realiza el cálculo económico del costo de los recursos empleados durante la ejecución de este Proyecto de investigación, incluyendo la elaboración del prototipo desarrollado.
7. Se establece una Carta Tecnología o Know para la generalización del SAPC con la producción masiva del producto en una serie cero, dada la conformidad de la entidad introductora del resultado que valido con resultados satisfactorio el SAPC de forma integral durante las pruebas de campo realizadas con su participación.

#### **Aportes científico técnicos y prácticos de la investigación.**

El aporte científico técnico y la novedad de los resultados radican en la obtención de soluciones técnicas de hardware y software con un diseño propio para esta aplicación. Además debido a que se obtiene el desarrollo modular del SAPC y de dos microprogramas en lenguaje ensamblador PIC para efectuar las operaciones del sistema según solicitud y se establecer un

protocolo personalizado de comunicación entre la interfaz del sistema y la PC por puerto USB. También tiene carácter novedoso por su diseño distintivo que garantiza alcanzar la soberanía tecnológica y la reproducibilidad del mismo en condiciones de producción, con una aplicación inmediata y sostenible técnica y económicamente.

### **Evaluación del Impacto de los resultados:**

Se alcanzan impactos económicos y tecnológicos dados por: por la sustitución de importaciones, el ahorro energético, por su contribución a la soberanía tecnológica en la rama y por su aplicación práctica de una tecnología de punta en la industria, los servicios y la defensa del país.

### **RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda que se aplique de forma inmediata las soluciones técnicas obtenidas con la fabricación de una serie cero del SAPC solicitado.
2. Se recomienda desarrollar otras aplicaciones empleando los microprogramas desarrollados y la interfaz electrónica con sus partes desarrolladas modularmente en el diseño de otros SAPC similares adicionando otros tipo de protocolos comunicación con la PC

## **BIBLIOGRAFIA**

1. Angulo Martínez J., Angulo Usategui J. Ma., y Martín Cuenca E. Aplicaciones de los Microcontroladores PIC de Microchip Editorial McGraw Hill, 1998.
2. Campos Cerda Manuel Fernando, Castañeda Pérez Ramiro, Contreras Torres Arturo Cesar. Implementación de un Sistema de Desarrollo Utilizando Microcontroladores PIC, Microchip Technology. Universidad de Guadalajara. 1998.
3. Compresión y comunicación de Datos con un microcontrolador PIC. [pdf].
4. Carlos Fernando Jiménez. Desarrollando para el puerto USB con la familia 18F2455/2550/4555/4550 y la PICDEM FS USB DEMONSTRATION BOARD de Microchip. Universidad Industrial de Santander, Enero de 2005 [pdf].
5. FT232BM Designers Guide, Future Technology Devices Intl. Ltd. 2002/2003 [pdf].
6. FT232BM Designers Guide Version 2.0. [pdf].
7. Gómez Ponce Marco Antonio, Mateos Maestro Jorge Alfredo, Medina Alatorre José Luís. Programación y Aplicaciones de los Microcontroladores PIC. Microchip Technology. Universidad de Guadalajara. 1998.
8. Grebene, Alan B. "Analog Integrated Circuit Design". 1994.
9. Introducción a los microcontroladores. [pdf]
10. Jordi Mayné Grau. Field Application Engineer. [pdf].
11. Milman J" Microelectronics 1993"
12. Manual de Programación de las Herramientas de Diseño CCS. Software Ensamblador de lenguaje C al lenguaje nemotécnico del PIC familia 16XX. CD Rom Microchip. 2002.
13. Manual de Programación de las Herramientas de Diseño MPLAB. Software de Simulación y Debug del programa para aplicaciones con PIC. CD Rom Microchip 2002.
14. Manual de Programación de las Herramientas de Diseño ICEPIC. Software de Emulación de aplicaciones con PIC. CD Rom Microchip. 2003.

15. Manual de Programación de las Herramientas de Diseño PICSTAR. Software de Programación del circuito integrado PIC.
16. Manual de Programación de las Herramientas de Diseño Curso Interno de Programación en lenguaje C para desarrollar aplicaciones con PIC. UCT LACETEL. 2004.
17. Manuel Rodríguez Padrón .PROYECTO PIC 18F452 DUPLEX RF. [pdf].
18. PIC18F2455/2550/4455/4550 Data Sheet 28/40/44-Pin High-Performance, Enhanced Flash USB Microcontrollers with nanoWatt Technology [pdf].
19. PICDEM™ FS USB DEMONSTRATION BOARD USER'S GUIDE, 2004 Microchip Technology Inc [pdf].
20. PIC'School: Módulo PIC18FXXXX "Un paso adelante. El fascinante mundo de los potentes PIC18" V 1.00 Marzo 2007. [pdf].
21. Universal Serial Bus Class Definitions for Communication Devices Version 1.1, January 19, 1999, [pdf].
22. USB 2.0 Specification Engineering, Date: 10/20/2000 [pdf].
23. Universal Serial Bus System Architecture (USB 2.0).Second Editions. [pdf]
24. [www.basicmicro.com](http://www.basicmicro.com)
25. [www.dhacel.com.ar](http://www.dhacel.com.ar)
26. [www.datasheet.com](http://www.datasheet.com)
27. [www.dgtprojects.com](http://www.dgtprojects.com)
28. [www.farnell.com](http://www.farnell.com)
29. [www.microchip.com](http://www.microchip.com)
30. [www.webelectronica.com.ar](http://www.webelectronica.com.ar)
31. [www.caracteristicas del FT232BM.html](http://www.caracteristicas del FT232BM.html)
32. [www.familia de productos HP/Información general del USB 1.0 y USB](http://www.familia de productos HP/Información general del USB 1.0 y USB)
33. [www.MicroPIC.Enero2005.html](http://www.MicroPIC.Enero2005.html)
34. [www.Puertos USB.html](http://www.Puertos USB.html)

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- [1] Jordi Mayné Grau. Field Application Engineer. pdf].
- [2] Carlos Fernando Jiménez. Desarrollando para el puerto USB con la familia 18F2455/2550/4555/4550 y la PICDEM FS USB DEMONSTRATION BOARD de Microchip. Universidad Industrial de Santander, Enero de 2005 [pdf].
- [3] Universal Serial Bus Class Definitions for Communication Devices Version 1.1, January 19, 1999, [pdf].
- [4] USB 2.0 Specification Engineering, Date: 10/20/2000 [pdf].
- [5] Introducción a los microcontroladores. [pdf]
- [6] Gómez Ponce Marco Antonio, Mateos Maestro Jorge Alfredo, Medina Alatorre José Luís. Programación y Aplicaciones de los Microcontroladores PIC. Microchip Technology. Universidad de Guadalajara. 1998.
- [7] FT232BM Designers Guide, Future Technology Devices Intl. Ltd. 2002/2003 [pdf].
- [8] FT232BM Designers Guide Version 2.0. [pdf].
- [9] [www.webelectronica.com.ar](http://www.webelectronica.com.ar)
- [10] PIC18F2455/2550/4455/4550 Data Sheet 28/40/44-Pin High-Performance, Enhanced Flash USB Microcontrollers with nanoWatt Technology [pdf].
- [11] PIC'School: Módulo PIC18FXXXX "Un paso adelante. El fascinante mundo de los potentes PIC18" V 1.00 Marzo 2007. [pdf].
- [12] PICDEM™ FS USB DEMONSTRATION BOARD USER'S GUIDE, 2004 Microchip Technology Inc [pdf].